ThS. NGUYỄN THANH HẢI

# KIẾN THỨC CƠ BẢN VẬT LÍ 11

(Tái bản lần thứ nhất)

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

ThS. NGUYỄN THANH HẢI

# KIẾN THỨC CƠ BẢN
# VẬT LÍ 11

*(Tái bản lần thứ nhất)*

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

# LỜI NÓI ĐẦU

*Nhằm giúp học sinh nắm vững các kiến thức trọng tâm, biết cách vận dụng kiến thức đã học để trả lời các câu hỏi vận dụng, bài tập cơ bản và các bài tập tổng hợp Vật lí lớp 11 theo chương trình mới, chúng tôi biên soạn cuốn sách: "**KIẾN THỨC CƠ BẢN VẬT LÍ 11**".*

*Nội dung cuốn sách bám sát chương trình Vật lí lớp 11 nâng cao hiện hành, mỗi bài đều được trình bày theo một cấu trúc chung:*

** KIẾN THỨC CƠ BẢN: Giúp học sinh ôn và nắm vững những kiến thức quan trọng của bài học.*

** CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG: Gồm hệ thống các câu hỏi và bài tập mang tính tổng hợp và vận dụng kiến thức vào thực tế, giúp học sinh biết áp dụng kiến thức bài học trong việc giải thích các hiện tượng một cách hợp lí, đồng thời giúp các em tiếp cận những dạng bài tập cơ bản theo chương trình mới hiện hành.*

** HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ: Giúp học sinh sau khi tự trả lời và làm các bài tập vận dụng, có thể so sánh và tham khảo cách trả lời để rút ra những kinh nghiệm cần thiết. Để việc sử dụng sách có hiệu quả, các em nên tự lực trả lời và giải các bài tập trước khi tham khảo lời giải.*

*Chúng tôi hi vọng "**KIẾN THỨC CƠ BẢN VẬT LÍ 11**" sẽ là tài liệu thiết thực và bổ ích giúp các em có thể học tốt chương trình Vật lí lớp 11.*

*Chúng tôi rất cảm ơn những ý kiến đóng góp xây dựng của bạn đọc, để lần tái bản tới tập sách sẽ hoàn thiện hơn.*

TÁC GIẢ

# Chương 1. CƠ SỞ CỦA TĨNH ĐIỆN

## § 1. ĐIỆN TÍCH. ĐỊNH LUẬT CU-LÔNG

### A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Hai loại điện tích. Sự nhiễm điện của các vật

***a) Hai loại điện tích***

Có hai loại điện tích là điện tích dương và điện tích âm. Các loại điện tích cùng dấu thì đẩy nhau, các loại điện tích khác dấu thì hút nhau.

Đơn vị điện tích là culông, kí hiệu là C. Điện tích của êlectron có giá trị tuyệt đối $e = 1{,}6.10^{-19}\,C$.

Trong tự nhiên không có điện tích nào có giá trị tuyệt đối nhỏ hơn e. Giá trị tuyệt đối của điện tích một hạt bao giờ cũng bằng một số nguyên lần e.

***b) Sự nhiễm điện của các vật***

***Nhiễm điện do cọ xát***

Sau khi cọ xát vào lụa, thanh thuỷ tinh có thể hút được các mẩu giấy vụn. Người ta nói thanh thuỷ tinh được nhiễm điện do cọ xát.

***Nhiễm điện do tiếp xúc***

Cho thanh kim loại không nhiễm điện tiếp xúc với quả cầu đã nhiễm điện, thanh kim loại nhiễm điện cùng dấu với điện tích của quả cầu. Người ta nói thanh kim loại được nhiễm điện do tiếp xúc. Đưa thanh kim loại ra xa quả cầu thì thanh kim loại vẫn nhiễm điện.

***Nhiễm điện do hưởng ứng***

Đưa thanh kim loại không nhiễm điện đến gần quả cầu đã nhiễm điện, hai đầu thanh kim loại được nhiễm điện, đầu gần quả cầu hơn nhiễm điện trái dấu với điện tích của quả cầu, đầu xa hơn nhiễm điện cùng dấu. Người ta nói thanh kim loại được nhiễm điện do hưởng ứng.

### 2. Định luật Cu-lông

***a) Phát biểu định luật***

Độ lớn của lực tương tác giữa hai điện tích điểm đứng yên trong chân không tỉ lệ thuận với tích các giá trị tuyệt đối của hai điện tích đó và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.

Biểu thức: $F = k\dfrac{|q_1q_2|}{r^2}$

Trong hệ SI, $k = 9.10^9$ biểu thức là: $F = 9.10^9.\dfrac{|q_1q_2|}{r^2}$.

Phương của lực tương tác giữa hai điện tích điểm là đường thẳng nối hai điện tích điểm đó.

***b) Công thức xác định lực Cu-lông***

Công thức dưới dạng vectơ: $\vec{F}_{12} = 9.10^9 \dfrac{q_1q_2}{r_{12}^2}\dfrac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$

Vectơ $\dfrac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$ là vectơ đơn vị chỉ hướng của vectơ $\vec{r}_{12}$.

## 3. Lực tương tác giữa các điện tích trong điện môi

Lực tương tác giữa các điện tích điểm đặt trong điện môi đồng tính, chứa đầy không gian xung quanh điện tích, giảm đi ε lần so với khi chúng được đặt trong chân không: $F = 9.10^9 \dfrac{|q_1q_2|}{\varepsilon r^2}$.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hai điện tích điểm bằng nhau được đặt trong nước cách nhau 3cm. Lực đẩy giữa chúng bằng $0{,}2.10^{-5}$ N. Tìm độ lớn của các điện tích.

2. Tính lực tĩnh điện giữa hai electrôn cách nhau một khoảng r = 1,6cm trong hai trường hợp:

   a) Đặt trong chân không.

   b) Đặt trong nước nguyên chất (ε = 81).

3. Electrôn quay xung quanh hạt nhân nguyên tử hyđrô theo quỹ đạo tròn bán kính $r = 5.10^{-11}$m.

   a) Tính độ lớn lực hướng tâm.

   b) Tính độ lớn vận tốc của electrôn.

   Cho khối lượng electrôn là $m_e = 9.10^{-31}$kg.

4. Cho hai điện tích dương $q_1 = q$ và $q_2 = 4q$ đặt cố định trong không khí cách nhau một khoảng a = 30cm. Phải chọn một điện tích $q_o$ như thế nào và đặt ở đâu để nó cân bằng.

5. Hai quả cầu nhỏ giống nhau, cùng có khối lượng m và bán kính r, tích điện cùng dấu có độ lớn $q_1 = q_2 = q$, treo trên hai sợi dây mảnh có chiều dài bằng nhau. Do lực đẩy tĩnh điện nên mỗi sợi dây lệch một góc α so với phương thẳng đứng. Nhúng hai quả cầu này vào dầu hoả là chất điện môi có hằng số điện môi ε = 2, người ta thấy góc lệch của mỗi sợi dây vẫn là α. Tính khối lượng riêng D của quả cầu, biết dầu hoả có khối lượng riêng $D_d = 0{,}8.10^3 kg/m^3$.

6. Điện tích dương q và điện tích âm −q đặt tại hai điểm M, N cách nhau một khoảng MN = 2d. Điện tích dương $q_1$ = +q đặt trên đường trung trực của MN, cách MN một khoảng x.

a) Viết biểu thức độ lớn lực tác dụng lên $q_1$

b) Áp dụng bằng số: $q = 1,6.10^{-19}C$ ; $d = 3cm$ ; $x = 4cm$.

c) Áp dụng bằng số: $q = 2.10^{-6}$ C; $d = 3$ cm; $x = 4$cm.

**7.** Tính lực tương tác điện giữa êlectrôn và hạt nhân trong nguyên tử hiđrô, biết rằng điện tích của chúng có độ lớn $1,6.10^{-19}$ C và khoảng cách giữa chúng là $5.10^{-9}$cm. Lực vạn vật hấp dẫn giữa chúng là bao nhiêu? Cho biết hằng số hấp dẫn $G = 6,672.10^{-11}(\frac{N.m^2}{kg^2})$. Khối lượng của electrôn và prôtôn là $m_e = 9,1.10^{-31}kg$, $m_p = 1836m_e$.

**8.** Hai quả cầu kim loại nhỏ giống nhau có khối lượng $m = 0,1g$ được treo vào cùng một điểm bằng hai sợi dây mảnh, nhẹ, có chiều dài bằng nhau $l = 10cm$. Truyền một điện tích Q cho hai quả cầu thì thấy chúng tách ra và đứng cân bằng khi dây treo hợp với phương thẳng đứng một góc 15°. Cho $g = 10m/s^2$.

a) Tính lực tương tác điện giữa hai quả cầu.

b) Tính sức căng của dây treo.

c) Tính điện tích Q.

**9.** Đặt ba điện tích điểm $q_1 = 2.10^{-8}C$, $q_2 = 10^{-8}C$, $q_3 = -10^{-8}C$ lần lượt tại 3 đỉnh A, B, C của tam giác vuông ABC (vuông tại A) có AB = 3cm, AC = 4cm. Tính lực điện tác dụng lên điện tích $q_1$.

**10.** Có 3 điện tích bằng nhau q đặt tại 3 đỉnh của một tam giác đều cạnh a. Hỏi phải đặt một điện tích $q_o$ như thế nào và ở đâu để lực điện tác dụng lên các điện tích cân bằng nhau.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** Từ $F = 9.10^9\frac{|q_1q_2|}{\varepsilon r^2} = 9.10^9\frac{q^2}{\varepsilon r^2} \Rightarrow q = r\sqrt{\frac{F\varepsilon}{9.10^9}} = 4.10^{-9}C$.

**2.** a) Khi đặt trong chân không: $F = 9.10^9.\frac{q_e^2}{r^2} = 9.10^{-27}N$.

b) Khi đặt trong nước: $F' = 9.10^9.\frac{q_e^2}{\varepsilon r^2} = \frac{9.10^{-27}}{81}N = 1,1.10^{-28}N$.

**3.** a) Hạt nhân nguyên tử hyđrô là hạt prôtôn. Lực hướng tâm chính là lực hút tĩnh điện giữa electrôn và prôtôn:

$$F = 9.10^9\frac{q_p|q_e|}{r^2} = 9.10^9\frac{q_p^2}{r^2} = 9.10^9.\frac{(1,6)^2.10^{-38}}{5^2.10^{-22}} \approx 9.10^{-8}N$$

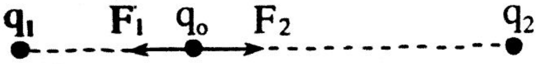
b) Vận tốc v và lực hướng tâm liên hệ: $F = \frac{mv^2}{r}$.

Từ đó ta suy ra: $v = \sqrt{\frac{F.r}{m}} \approx 2,2.10^6$ m/s.

**4.** Các lực do $q_1$ và $q_2$ tác dụng lên $q_o$ là $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$.

Để $q_o$ cân bằng thì $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$.

Muốn vậy, $q_o$ phải đặt trên đoạn thẳng nối $q_1$ và $q_2$, trong khoảng $q_1q_2$ và cách $q_1$ một khoảng x sao cho:



*Hình 1*

$$k\frac{|q_o|q_1}{x^2} = k\frac{|q_o|q_2}{(a-x)^2}$$

Rõ ràng là hệ thức trên không phụ thuộc vào độ lớn và dấu của $q_o$.

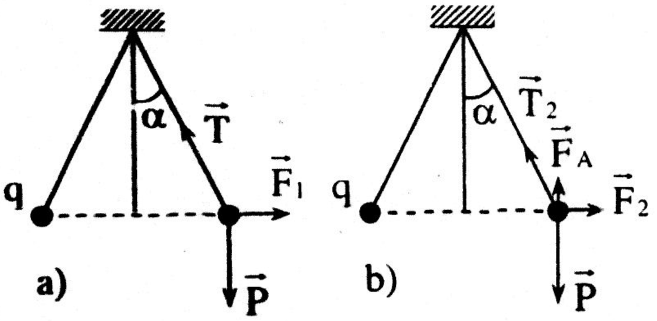
Với $q_1 = q$ và $q_2 = 4q$ ta suy được $x = \frac{a}{3} = 10$cm. (hình 1)

Vậy có thể đặt một điện tích $q_o$ tùy ý trên đoạn thẳng nối $q_1$ và $q_2$, trong khoảng $q_1q_2$, cách $q_1$ một khoảng x = 10cm thì $q_o$ sẽ cân bằng.

**5.** Trong không khí mỗi quả cầu đồng thời chịu sự tác dụng của ba lực: lực căng T của dây, trọng lực P = mg và lực tĩnh điện $F_1$ như hình 2a.

Điều kiện cân bằng là: $F_1 = mg.tg\alpha$ (1)

Khi nhúng hai quả cầu vào dầu hoả thì một mặt lực đẩy tĩnh điện giảm đi ε lần. Mặt khác, mỗi quả cầu còn chịu lực đẩy Acsimet $F_A$ hướng lên trên như hình 2b.



*Hình 2*

Điều kiện cân bằng mới là:

$$F_2 = \frac{F_1}{\varepsilon} = (mg - F_A)tg\alpha \qquad (2)$$

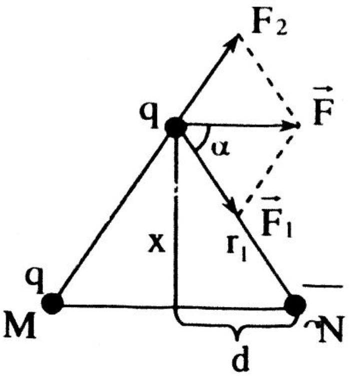
Từ (1) và (2) ta rút ra: $\frac{mg}{\varepsilon} = mg - F_A$ (3)

Chú ý rằng $F_A = \frac{4}{3}\pi r^3.D_d.g$ và $m = \frac{4}{3}\pi r^3 D$. Thay vào (3) ta được:

Thay các biểu thức $F_A$ và m vào (3) ta được:

$$\frac{D}{\varepsilon} = D - D_d \Rightarrow D = \frac{\varepsilon D_d}{\varepsilon - 1} = \frac{2.0,8.10^3}{2-1} = 1,6.10^3 kg/m^3.$$

**6.** a) Các lực tác dụng lên điện tích $q_1$ như hình 3.



*Hình 3*

Ta có: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

Vì $F_1 = F_2$ nên $F = 2F_1\cos\alpha$.

với $F_1 = 9.10^9.\dfrac{q^2}{r_1^2}$ và $\cos\alpha = \dfrac{d}{r_1} = \dfrac{d}{\sqrt{d^2 + x^2}}$.

Từ đó suy ra: $F = 1,8.10^{10}q^2\dfrac{d}{(d^2 + x^2)^{3/2}}$.

b) Áp dụng số: $F = 1,8.10^{10}.(1,6)^2.10^{-38}.\dfrac{3.10^4}{5^3} = 1,1.10^{-25}$ N.

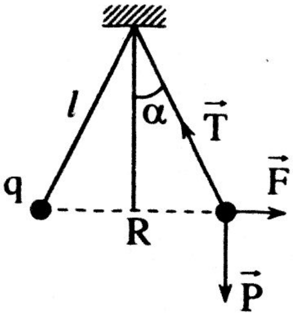
c) Áp dụng số: $F = \dfrac{18.10^9.(2.10^{-6})0,03}{(0,03^2 + 0,04^2)\sqrt{0,03^2 + 0,04^2}} = 17,28$ N.

**7.** Lực tương tác tĩnh điện giữa electron và hạt nhân:

$$F_d = 9.10^9\,.\frac{q^2}{r^2} = 9.10^9.\frac{(1,6.10^{-19})^2}{(5.10^{-11})^2} = 9,2.10^{-8}\ \text{N}.$$

* Lực vạn vật hấp dẫn: $F_h = G\dfrac{m_1.m_2}{r^2} = 4.10^{-50}$N.

**8.** a) Khi các quả cầu cân bằng thì: $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F}_1 = 0$.



*Hình 4*

Với $\alpha = 15^\circ$ thì $tg\alpha \approx \alpha = 0,26$ rad và $tg\alpha = \dfrac{F}{P}$.

Suy ra : F = P.tg = mg.tgα (hình 4)

Vậy : $F_đ = 10^{-4}.\ 10.0,26 = 29.10^{-5}$ N.

b) Sức căng của dây treo: $T = \dfrac{P}{\cos\alpha} = \dfrac{mg}{\cos 15^\circ} = 103.10^{-5}$ N.

c) Điện tích Q :

Ta có: $\sin\alpha = \dfrac{OA}{AB} = \dfrac{R}{2l} \approx tg\alpha = 0,26 \Rightarrow R = 0,26.\ 2l = 5,2$cm.

Điện tích của mỗi quả cầu: $q = \dfrac{Q}{2}$.

Từ $F_d = 9.10^9\dfrac{q^2}{r^2} = 9.10^9\dfrac{Q^2}{4.R^2} \Rightarrow Q = 17,7.10^{-9}$C.

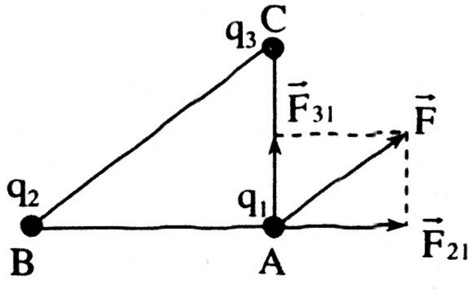
**9.** Điện tích $q_2$ đẩy $q_1$ một lực: $F_{21} = 9.10^9\dfrac{q_1q_2}{AB^2} = 2.10^{-3}$ N.

Điện tích $q_3$ hút $q_1$ một lực: $F_{31} = 9.10^9 \dfrac{|q_1q_3|}{AC^2} = 1{,}125.10^{-3}\,N$.

Lực điện tổng hợp tác dụng lên $q_1$ là: $\vec{F} = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}$ (hình 5)

Vì $\vec{F}_{21}$ và $\vec{F}_{31}$ vuông góc nhau nên:

$F = \sqrt{F_{21}^2 + F_{31}^2} = 2{,}3.10^{-3}N$.

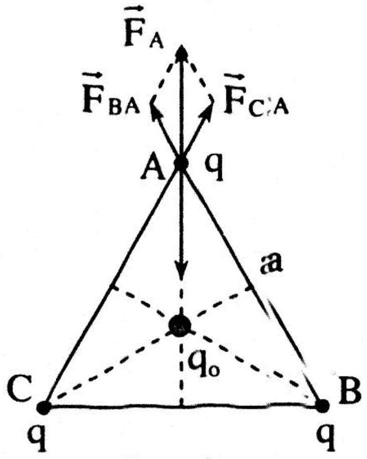


*Hình 5*

**10.** Do tính đối xứng nên các điện tích q đặt tại các đỉnh của tam giác chịu các lực đẩy có độ lớn bằng nhau, giá của các lực này đồng qui tại trọng tâm G của tam giác. Trên hình 6 chỉ vẽ lực tác dụng lên điện tích đặt tại A.

Ta có: $F_{BA} = k\dfrac{q^2}{a^2}$

và $F_A = F_B = F_C = F_{BA}\sqrt{3} = \sqrt{3}k\dfrac{q^2}{a^2}$.



*Hình 6*

Muốn cho các điện tích đặt tại A, B, C cân bằng, thì phải đặt tại G một điện tích âm để tạo ra các lực hút lên các điện tích cân bằng với các lực đẩy $F_A$, $F_B$ và $F_C$.

Độ lớn của lực hút: $F' = k\dfrac{q\ q_o}{GC^2}$ với $GC = \dfrac{a\sqrt{3}}{3}$.

Suy ra : $F' = 3k\dfrac{qq_o}{a^2}$. Điều kiện để các điện tích q cân bằng là:

$F' = F_C \Leftrightarrow 3k\dfrac{q.q_o}{a^2} = k\dfrac{q^2\sqrt{3}}{a^2} \Rightarrow 3q_o = q\sqrt{3}$ hay $q_o = \dfrac{q}{\sqrt{3}}$.

Điện tích $q_o$ chịu tác dụng của ba lực hút từ ba điện tích q có cùng độ lớn và hợp với nhau một góc $120^0$ điện tích $q_o$ cũng cân bằng.

Vậy để cho tất cả các điện tích đều cân bằng thì phải đặt tại trọng tâm G của tam giác một điện tích âm có độ lớn $q_o = \dfrac{q}{\sqrt{3}}$.

# § 2. THUYẾT ELECTRÔN CỔ ĐIỂN. ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐIỆN TÍCH

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Thuyết êlectron cổ điển

***a) Một số nội dung chính của thuyết êlectron cổ điển***

- Các chất được cấu tạo từ các phân tử. Các phân tử lại do các nguyên tử tạo thành. Mỗi nguyên tử gồm có một hạt nhân mang điện tích dương và một số êlectron khối lượng rất nhỏ so với hạt nhân, mang điện tích âm và luôn luôn chuyển động xung quanh hạt nhân.

- Bình thường thì tổng đại số tất cả các điện tích trong nguyên tử bằng không. Ta nói nguyên tử trung hoà về điện.

- Nếu vì một lí do nào đó, nguyên tử bị mất đi một số êlectron thì tổng đại số các điện tích trong nguyên tử là một số dương. Ta nói nó là một ion dương. Ngược lại, nếu nguyên tử nhận thêm một số êlectron thì nó là ion âm.

***b) Sự nhiễm điện của vật***

Mỗi vật bao gồm rất nhiều hạt nhận mang điện (hạt nhân, êlectron, ion). Bình thường thì tổng đại số các điện tích của tất cả các hạt đó bằng không, nghĩa là vật trung hoà về điện.

Khối lượng của êlectron rất nhỏ nên độ linh động của chúng rất lớn, do một số điều kiện nào đó (cọ xát, tiếp xúc, ...) một số êlectron có thể di chuyển từ vật này sang vật khác. Khi đó vật trở thành thừa hay thiếu êlectron, ta nói vật được nhiễm điện. Vật nhiễm điện âm là vật thừa êlectron, vật nhiễm điện dương là vật thiếu êlectron.

### 2. Tính dẫn điện hay cách điện của môi trường

- Những vật mà điện tích có thể truyền qua gọi là vật dẫn điện (còn gọi là vật dẫn). Những chất làm thành vật dẫn điện gọi là chất dẫn điện. Chẳng hạn: Kim loại, các dung dịch muối, axit, bazơ,... là các chất dẫn điện.

- Những vật mà điện tích không thể truyền qua gọi là vật cách điện (còn gọi là điện môi). Những chất làm thành vật cách điện gọi là chất cách điện. Chẳng hạn: Thuỷ tinh, sứ, êbônit, nước nguyên chất,... là các chất cách điện.

- Sự phân các chất thành hai loại như trên chỉ có tính tương đối.

### 3. Định luật bảo toàn điện tích

Ở một hệ vật cô lập về điện, nghĩa là hệ không trao đổi điện tích với các hệ khác, thì tổng đại số các điện tích trong hệ là một hằng số.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

**1.** Giải thích sự nhiễm điện do cọ xát.

**2.** Giải thích sự nhiễm điện do tiếp xúc.

**3.** Giải thích sự nhiễm điện do hưởng ứng.

**4.** Treo hai quả cầu nhỏ như nhau trên hai sợi tơ mảnh. Một quả không mang điện, còn quả kia mang điện. Nêu một phương án đơn giản để xác định quả cầu nào mang điện, quả cầu nào không mang điện. Hãy giải thích vì cách làm đó.

**5.** Treo hai ống bằng lá kim loại rất mỏng tại cùng một điểm bằng hai sợi dây tơ có chiều dài bằng nhau. Sau khi truyền điện tích cho hai ống, chúng đẩy nhau ra xa (giữa các dây tạo thành một góc nào đó). Giả sử một trong hai ống bị phóng hết điện, điều gì sẽ xảy ra?

**6.** Dùng một điện nghiệm, một đĩa êbônit và một miếng len làm thế nào xác định được vật đã nhiễm điện gì?

**7.** Một quả cầu mang điện tích dương và một quả cầu mang điện tích âm. Sau khi cho chúng tiếp xúc với nhau, khối lượng của hai quả cầu thay đổi như thế nào? Tại sao?

**8.** Trên thực tế, ở các ô tô chở xăng người ta thường buộc một đầu dây xích sắt khá lớn vào thùng chứa xăng, còn đầu kia thả kéo lê trên mặt đường. Giải thích vì sao người ta lại làm như vậy?

**9.** Người ta đặt nhẹ một cái kim khâu sao cho nó nổi trong một cốc nước. Cái kim sẽ dịch chuyển như thế nào nếu ta đưa đũa êbônit đã nhiễm điện tới gần nó.

**10.** Đưa một vật đã nhiễm điện dương lại gần một quả cầu kim loại nhẹ treo trên một sợi dây tơ. Kết quả cho thấy vật nhiễm điện hút quả cầu. Từ đó có thể suy ra quả cầu đã tích điện âm không? Giải thích?

**11.** Người ta treo hai quả cầu kim loại bằng hai sợ dây tơ trong điện trường thì thấy hai quả cầu bị lệch về cùng một phía so với đường thẳng đứng. Có kết luận gì về điện tích của hai quả cầu.

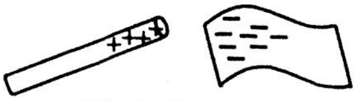
**12.** Hai quả cầu kim loại nhỏ giống hệt nhau, lúc đầu chúng mang điện tích $q_1 = 5.10^{-6}C$, $q_2 = -3.10^{-6}C$. Cho chúng tiếp xúc với nhau rồi đặt cách nhau 5cm trong chân không. Tính lực tương tác điện giữa hai quả cầu.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

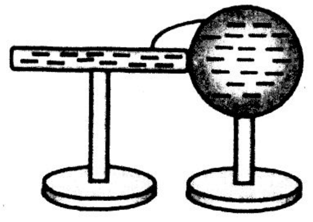
**1.** Nếu có những điểm tiếp xúc giữa thuỷ tinh và lụa thì ở những điểm đó có một số êlectron từ thuỷ tinh di chuyển sang lụa.

Khi thanh thuỷ tinh cọ xát với lụa thì số điểm tiếp xúc tăng lên rất lớn. Do đó số êlectron di chuyển từ lụa sang tăng lên. Vì vậy thanh thuỷ tinh nhiễm điện dương, mảnh lụa nhiễm điện âm (hình 7).

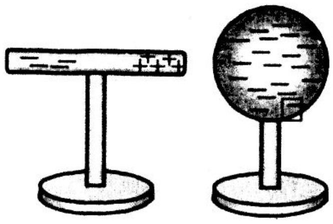
2. Khi thanh kim loại trung hoà điện tiếp xúc với quả cầu nhiễm điện âm, thì một phần trong số êlectron thừa ở quả cầu truyền sang thanh kim loại. Vì thế thanh kim loại cũng thừa êlectron. Do đó thanh kim loại nhiễm điện âm (hình 8).


*Hình 7*

Ngược lại nếu thanh kim loại trung hoà điện tiếp xúc với quả cầu nhiễm điện dương, thì một số êlectron tự do từ thanh kim loại sẽ truyền sang quả cầu. Vì thế thanh kim loại trở thành thiếu êlectron. Do đó thanh kim loại nhiễm điện dương.


*Hình 8*

3. Thanh kim loại đặt gần quả cầu nhiễm điện âm, thì các êlectron tự do trong thanh kim loại bị đẩy ra xa quả cầu. Do đó đầu thanh kim loại xa quả cầu hơn thừa êlectron, đầu có nhiễm điện âm. Đầu thanh kim loại gần quả cầu hơn thiếu êlectron, đầu có nhiễm điện dương (hình 9).


*Hình 9*

Thanh kim loại đặt gần quả cầu nhiễm điện dương thì êlectron tự do trong thanh kim loại bị hút lại gần quả cầu. Do đó đầu thanh gần quả cầu nhiễm điện âm, đầu kia nhiễm điện dương.

4. Để hai quả cầu ở cách xa nhau, đưa ngón tay tới gần tới gần quả cầu không mang điện thì nó vẫn đứng yên, còn đưa ngón tay tới gần quả cầu mang điện thì do hiện tượng cảm ứng tĩnh điện, đầu ngón tay xuất hiện điện tích trái dấu với quả cầu, quả cầu và ngón tay hút nhau, nhưng vì quả cầu nhẹ hơn nên bị hút về phía ngón tay.

Cách làm: Đưa ngón tay lại gần một trong hai quả cầu.

- Quả cầu nào bị hút là quả cầu mang điện.
- Quả cầu nào đứng yên là quả cầu không mang điện.

5. Khi một ống phóng hết điện, do hiện tượng hưởng ứng tĩnh điện, nó bị ống kia hút lại va chạm vào nhau và xảy ra sự trao đổi điện tích giữa hai ống, nhưng độ lớn diện tích trên hai ống bé hơn trước. Kết quả là hai ống lại đẩy ra xa nhau nhưng góc hợp bởi hai dây lúc này nhỏ hơn.

6. Đưa vật đã nhiễm điện đến tiếp xúc với quả cầu của điện nghiệm. Hai lá của điện nghiệm xòe ra.

Để xác định dấu của điện tích này ta làm như sau: Đưa đũa êbonit đã cọ sát vào len nhiễm điện âm lại gần quả cầu của điện nghiệm thì quả cầu tích điện dương, hai lá kim loại tích điện âm. Nếu trên hai lá có sẵn điện tích dương thì những điện tích này sẽ trung hòa bớt một phần điện tích dương, điện tích trên hai lá sẽ ít hơn nên hai lá sẽ cụp bớt lại. Như vậy ta kết luận vật mang điện tích dương. Ngược lại nếu hai lá điện nghiệm xòe rộng thêm thì vật mang điện tích âm.

7. Khi hai quả cầu tiếp xúc, một phần điện tích âm (electron) sẽ chuyển sang quả cầu tích điện dương. Nhưng vì khối lượng của electron rất nhỏ cho nên khối lượng hai quả cầu coi như không thay đổi.

8. Khi ô tô chạy, xăng trong bồn xăng bị lắc, các lớp xăng cọ sát vào nhau có thể xuất hiện một loại điện tích nào đó, còn thùng lại được nhiễm điện tích khác (do hưởng ứng). Sự nhiễm điện có thể rất lớn gây ra sự phóng tia lửa điện làm xăng bốc cháy. Đầu xích kéo lê trên mặt đường có mục đích tạo điều kiện cho bồn xăng tự truyền xuống đất.

9. Khi đưa đũa êbonit lại gần kim, thì không chỉ kim khâu mà cả nước đều bị đũa hút về phía êbônit đã nhiễm điện. Do lực hút, nước dưới đũa đã tạo thành mô giống như mặt phẳng nghiêng, kim sẽ bị dịch chuyển xuống phía dưới ra xa đũa êbônit.

10. Không thể kết luận như vậy được. Với quả cầu không mang điện thì do hiện tượng hưởng ứng tĩnh điện ở phần của quả cầu gần vật dẫn sẽ xuất hiện điện tích âm, ở phần xa hơn đối diện với phần quả cầu tích điện dương thì tích điện dương, lực hút quả cầu lớn hơn lực đẩy quả cầu nên quả cầu có thể bị hút.

11. Có nhiều khả năng có thể xảy ra:

* A và B nhiễm điện cùng dấu.

* Một trong hai quả cầu không nhiễm điện.

* A và B nhiễm điện khác dấu nhưng lực hút giữa các điện tích lớn hơn lực tương tác của điện trường trên mỗi điện tích

12. Theo định luật bảo toàn điện tích, điện tích của mỗi quả cầu sau khi tiếp xúc: $q = \frac{q_1 + q_2}{2} = 10^{-6}C$.

Lực tương tác điện: $F = 9.10^9 \frac{(10^{-6})^2}{(5.10^{-6})^2} = 3,6N$.

# § 3. ĐIỆN TRƯỜNG

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Điện trường

***a) Khái niệm điện trường***

Xung quanh điện tích có điện trường.

Các điện tích tương tác với nhau là vì điện tích này nằm trong điện trường của điện tích kia.

***b) Tính chất cơ bản của điện trường***

Tính chất cơ bản của điện trường là nó tác dụng lực điện lên điện tích đặt trong nó.

Người ta dùng điện tích thử để nhận biết điện trường.

### 2. Vectơ cường độ điện trường

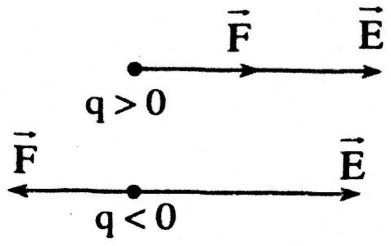
Giả sử có một số điện tích thử $q_1$, $q_2$, $q_3$,... đặt lần lượt các điện tích này tại một điểm trong điện trường, xác định các lực tác dụng lên chúng thu được các kết luận sau:

- Các lực $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ là khác nhau nhưng thương số $\frac{\vec{F}}{q}$ thì không đổi.

- Ở các điểm khác nhau thì các thương số $\frac{\vec{F}}{q}$ là khác nhau.

- Thương số $\frac{\vec{F}}{q}$ đặc trưng cho điện trường ở điểm đang xét về mặt tác dụng lực, gọi là vectơ cường độ điện trường và kí hiệu là $\vec{E}$.

- Từ $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \Rightarrow \vec{F} = q\vec{E}$.



Nếu $q > 0$ thì $\vec{F}$ cùng chiều với $\vec{E}$.

Nếu $q < 0$ thì $\vec{F}$ ngược chiều với $\vec{E}$ (hình 10).

*Hình 10*

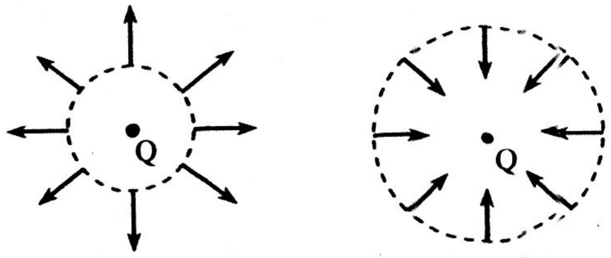
- Trong hệ SI, đơn vị cường độ điện trường là vôn trên mét (V/m).

### 3. Điện trường của một điện tích điểm

Cường độ điện trường của điện tích điểm Q gây ra tại điểm M cách Q một khoảng r: $\vec{E} = 9.10^9 \frac{Q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$.

Nhận xét:

- Nếu Q > 0 thì vectơ điện trường hướng ra xa điện tích Q (hình 11a).
- Nếu Q < 0 thì vectơ cường độ điện trường hướng về phía điện tích Q (hình 11b).



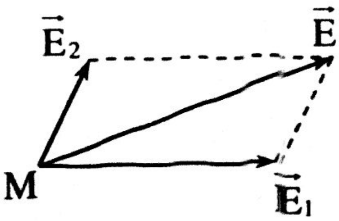
a) Q > 0 b) Q < 0

*Hình 11*

### 4. Nguyên lí chồng chất điện trường

Giả sử ta có hệ hai điện tích điểm $Q_1$, $Q_2$. Tại điểm M, gọi $\vec{E}_1$ là cường độ điện trường gây ra do $Q_1$, $\vec{E}_2$ cường độ điện trường gây ra do $Q_2$, điện trường của hệ là $\vec{E}$. Ta có: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ .

Vectơ $\vec{E}$ được biểu diễn trên hình 12. Vectơ cường độ điện trường tổng hợp bằng tổng hai vectơ cường độ điện trường thành phần. Đó là nguyên lí chồng chất điện trường. Nguyên lí này cũng được áp dụng cho một hệ điện tích của phân bố liên tục.



*Hình 12*

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một điện tích thử đặt tại điểm có cường độ điện trường 0,16V/m. Lực tác dụng lên điện tích đó bằng $4.10^{-4}$ N . Tính độ lớn của điện tích.

2. Có một điện tích $q = 7{,}5.10^{-9}$C đặt tại điểm A. Xác định cường độ điện trường tại điểm B cách A một khoảng 10cm.

3. Quả cầu nhỏ m = 0,25g, mang điện tích $q = 2{,}5.10^{-9}$C treo trên sợi dây mảnh trong điện trường đều có phương nằm ngang. Cường độ điện trường là $E = 10^6$V/m. Tính góc lệch của dây so với phương thẳng đứng. Cho g = 10m/s$^2$.

4. Ba điện tích dương $q_1 = q_2 = q_3 = q = 5.10^{-9}$C đặt tại ba đỉnh hình vuông cạnh a = 30cm. Xác định vectơ cường độ điện trường ở đỉnh thứ tư.

5. Hai điện tích điểm $q_1 = 10^{-8}$C và $q_2 = -10^{-8}$C đặt tại hai điểm A và B cách nhau một khoảng 2d = 6cm. Điểm M nằm trên đường trung trực với AB, cách AB một khoảng a = 3cm.

   a) Tính cường độ điện trường gây bởi hai điện tích $q_1$ và $q_2$ tại M.

   b) Tính lực điện trường tác dụng lên điện tích $q = 2.10^{-9}$C đặt tại M.

6. Điện tích $q = 10^{-7}$C đặt trong điện trường của của một điện tích điểm Q, chịu tác dụng lực $F = 3.10^{-3}$N.

   a) Tính cường độ điện trường tại điểm đặt điện tích q.

b) Tìm độ lớn của điện tích **Q, biết rằng hai điện tích đặt cách nhau 30cm** trong chân không.

7. Cho 4 điện tích điểm có **cùng độ lớn q, đặt tại 4 đỉnh của hình vuông** ABCD cạnh a. Xác định **cường độ điện trường gây ra bởi 4 điện tích đó tại** tâm O của hình vuông trong **các trường hợp:**

a) Bốn điện tích cùng dấu.

b) Hai điện tích có dấu (+), **và hai điện tích có dấu (–).**

8. Đặt hai điện tích điểm $q_1 = -4.10^{-6}C$, $q_2 = 10^{-6}C$ tại hai điểm A và B cách nhau 8cm. Xác định vị trí **điểm M mà tại đó cường độ điện trường bằng 0.**

9. Tại hai điểm A và B cách **nhau một khoảng a có đặt hai điện tích. Xác định** vectơ cường độ điện trường **tại điểm M trên đường trung trực của AB, cách** trung điểm O của AB một **đoạn** $OM = \dfrac{a\sqrt{3}}{6}$, **trong các trường hợp sau:**

a) Tại A, B các điện tích **dương +q.**

b) Đặt tại A điện tích dương **+q, và tại B điện tích âm –q.**

10. Một prôtôn đặt trong điện **trường đều** $E = 2.10^6$ **V/m.**

a) Tính gia tốc của nó.

b) Tính tốc độ của **prôtôn sau khi nó đi dọc theo đường sức được một** khoảng s = 0,5m (coi tốc **độ ban đầu bằng 0).**

Cho biết khối lượng của **prôtôn** $m = 1,67.10^{-27}$**kg và bỏ qua trọng lực.**

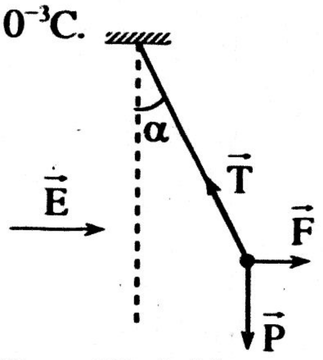
11. Một hạt bụi có khối lượng $m = 10^{-8}$**g nằm cân bằng trong điện trường đều** có E = 1000V/m, hướng **thẳng đứng xuống dưới. Tính điện tích của hạt bụi.**

12. Một quả cầu nhỏ khối **lượng m = 0,1g tích điện q, treo bằng một sợi dây** mảnh và đặt trong điện **trường đều E = 1000V/m. Khi quả cầu cân bằng thì** dây treo hợp với phương **thẳng đứng một góc** $\alpha = 45^\circ$. **Xác định điện tích q** của quả cầu. Cho $g = 10m/s^2$.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Từ $F = |q|E \Rightarrow$ độ lớn **điện tích** $|q| = \dfrac{F}{E} = \dfrac{4.10^{-4}}{0,16} = 2,5.10^{-3}C.$

2. Tại B: $E = 9.10^9\dfrac{q}{r^2} = 9.10^9\dfrac{7,5.10^{-9}}{0,1^2} = 6750$ **V/m.**



*Hình 13*

3. Các lực tác dụng lên quả **cầu gồm trọng lực** $\vec{P}$, lực điện trường $\vec{F}$ và lực căng **dây** $\vec{T}$ **như hình 13. Điều** kiện cân bằng: $\vec{P} + \vec{F} + \vec{T} = 0$

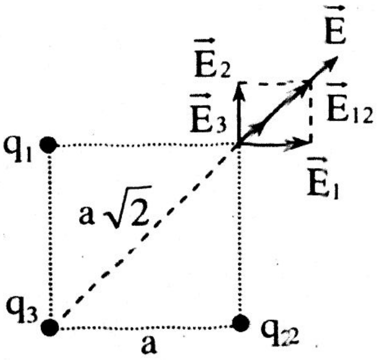
ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRUNG TÂM THÔNG TIN THƯ VIỆN
LC / 3005

Ta có: $\text{tg}\alpha = \dfrac{F}{mg} = \dfrac{qE}{mg} = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$.

4. Vectơ cường độ điện trường tại điểm M:

$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{E}_{12} + \vec{E}_3$.

Vì $E_1 = E_2$ nên $\vec{E}_{12}$ cùng phương, cùng chiều với $\vec{E}_3$. Vectơ $\vec{E}$ có phương và chiều như hình 14. Về độ lớn ta có:


$\vec{E}$
$\vec{E}_2$
$\vec{E}_3$
$\vec{E}_{12}$
$\vec{E}_1$
$q_1$
$a\sqrt{2}$
$q_3$
a
$q_2$

*Hình 14*

$$E_{12} = E_1\sqrt{2} = 9.10^9.\frac{q}{a^2}\sqrt{2}$$

Với $E_3 = 9.10^9.\dfrac{q}{(a\sqrt{2})^2} \Rightarrow E = E_{12} + E_3 = 9{,}5.10^2$ V/m.

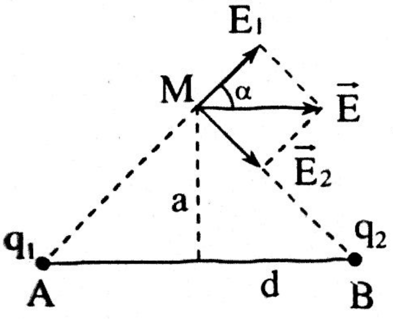
5. a) Vectơ cường độ điện trường tại M: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Vì $q_1 = |q_2|$ và MA = MB nên $E_1 = E_2$

Về độ lớn $E = 2E_1\cos\alpha$ (hình 15)

Trong đó $E_1 = 9.10^9.\dfrac{q_1}{r^2}$; $\cos\alpha = \dfrac{d}{r}$

$\Rightarrow E = 2.9.10^9.\dfrac{q_1 d}{r^3}$


$\vec{E}_1$
M
α
$\vec{E}$
$\vec{E}_2$
a
$q_1$
$q_2$
A
d
B

*Hình 15*

Chú ý rằng: $r = \sqrt{a^2 + d^2} = 3\sqrt{2}.10^{-2}$m

Thay số ta được $E = 7.10^4$ V/m.

b) Lực tác dụng lên $q_3$ đặt tại M: $F = q_3E = 2.10^{-9}.7.10^4 = 1{,}4.10^{-4}$N.

6. a) Từ $F = q.E \Rightarrow$ Điện trường $E = \dfrac{F}{q} = \dfrac{3.10^{-3}}{10^{-7}} = 3.10^4$ V/m.

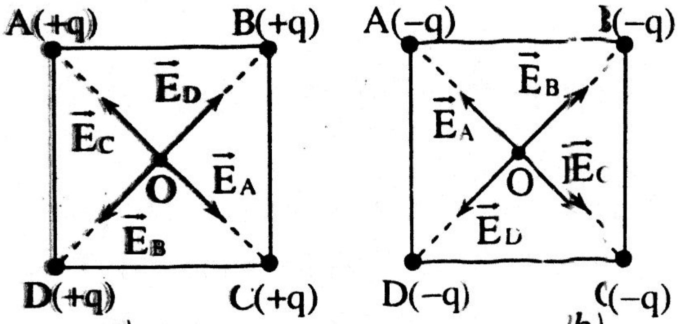
b) Ta có trong chân không thì $E = 9.10^9\dfrac{Q}{r^2} \Rightarrow Q = \dfrac{E.r^2}{9.10^9} = 3.10^{-7}$C.

7. a) Trường hợp 4 điện tích cùng dấu (cùng dương hoặc cùng âm). Do tính đối xứng nên tại O:

$E_A = E_B = E_C = E_D$

Trên hình 16a,b ta có:

$\vec{E}_O = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C + \vec{E}_D = 0$


A(+q)
B(+q)
$\vec{E}_D$
$\vec{E}_C$
O
$\vec{E}_A$
$\vec{E}_B$
D(+q)
C(+q)
A(−q)
B(−q)
$\vec{E}_B$
$\vec{E}_A$
O
$\vec{E}_C$
$\vec{E}_D$
D(−q)
C(−q)

a) b)

*Hình 16*

Vậy điện trường tại O bằng 0.

b) Có thể chia làm hai trường hợp như hình 17a,b.

* Trường hợp A (+q), B (−q), C (+q), D (−q) (hình 17a):

$$\vec{E}_O = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C + \vec{E}_D = 0$$

+ Trường hợp A (+q), B (+q), C (−q), D (−q) (hình 17b):

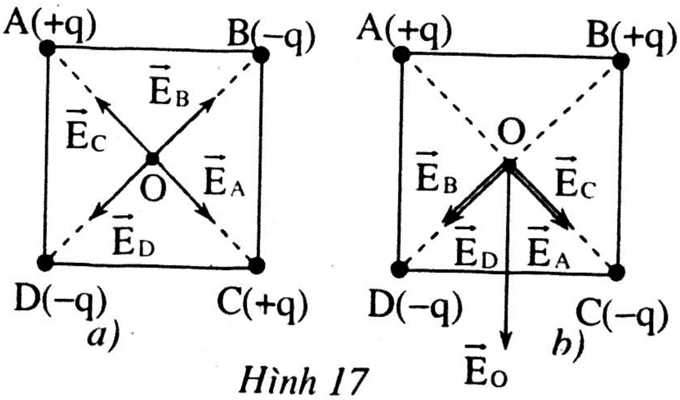
Ta có : $\vec{E}_O = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C + \vec{E}_D$

$E_A = k\dfrac{q}{OA^2}$

với $OA = \dfrac{a\sqrt{2}}{2}$

$\Rightarrow E_A = k\dfrac{2q}{a^2}$

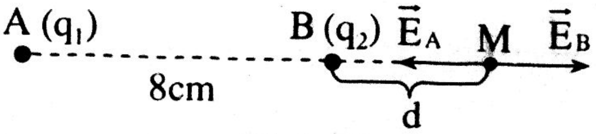
Suy ra: $E_O = \dfrac{4kq\sqrt{2}}{a^2}$.


A(+q)
B(−q)
$\vec{E}_B$
$\vec{E}_C$
O
$\vec{E}_A$
$\vec{E}_D$
D(−q)
C(+q)
a)
A(+q)
B(+q)
O
$\vec{E}_B$
$\vec{E}_C$
$\vec{E}_D$
$\vec{E}_A$
D(−q)
C(−q)
b)
$\vec{E}_O$

*Hình 17*

**8.** Điện trường tổng hợp tại M do $q_1$, $q_2$ gây ra:

$$\vec{E}_M = \vec{E}_A + \vec{E}_B.$$


A ($q_1$)
B ($q_2$)
$\vec{E}_A$
M
$\vec{E}_B$
8cm
d

*Hình 18*

Trong đó $E_A = k\dfrac{|q_1|}{MA^2}$ và $E_B = k\dfrac{|q_2|}{MB^2}$.

Điều kiện để $E_M = 0$ là $\vec{E}_A$ và $\vec{E}_B$ là hai véctơ trực đối.

Từ đó M phải trên đường AB và nằm ngoài AB và gần B hơn (vì $q_1$ và $q_2$ trái dấu và $|q_1| > q_2$), đồng thời $E_A = E_B$ (hình 18)

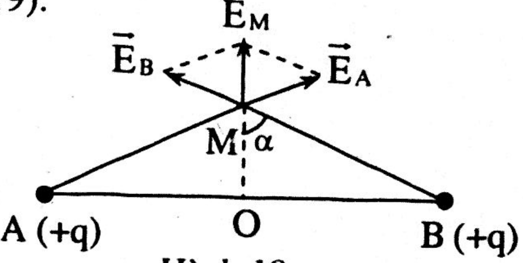
Gọi d là khoảng cách từ M đến B, ta có: $k\dfrac{|q_1|}{(8+d)^2} = k\dfrac{|q_2|}{d^2}$

Vậy điểm M cách B 8cm và cách A 16cm.

**9.** a) Tại A, B các điện tích dương +q (hình 19).

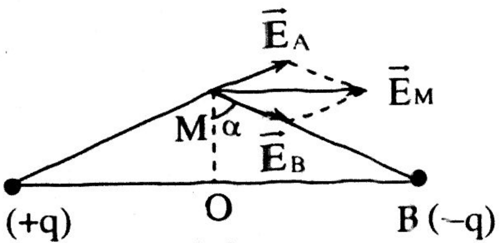
Đện trường tổng hợp: $\vec{E}_M = \vec{E}_A + \vec{E}_B$

Ta có: $E_A = E_B = k\dfrac{q}{MA^2}$ ;


$\vec{E}_M$
$\vec{E}_B$
$\vec{E}_A$
M
α
A (+q)
O
B (+q)

*Hình 19*

$$\mathrm{tg}\alpha = \frac{OB}{OM} = \frac{a}{2a\frac{\sqrt{3}}{6}} = \sqrt{3} \Rightarrow \alpha = 60^{\circ}.$$



*Hình 20*

Từ đó suy ra $E_M = E_A = k\frac{3q}{a^2}$.

b) Trường hợp A(+q) và B(-q) (hình 20):

Tương tự: $E_A = E_B = k\frac{q}{MA^2}$

Điện trường tổng hợp: $\vec{E}_M = \vec{E}_A + \vec{E}_B = 2E_A\cos30^{\circ} = k\frac{3\sqrt{3}q}{a^2}$.

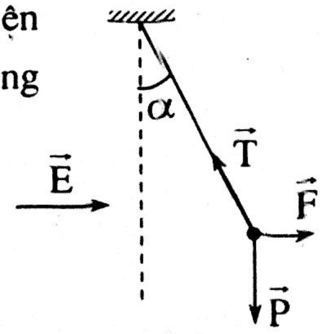
**10.** a) Lực tác dụng: $F = qE = 3{,}2.10^{-13}N \Rightarrow a = \frac{F}{m} = 1{,}92.10^{14}$ m/s$^2$.

b) Từ $v^2 = 2as \Rightarrow v = \sqrt{2as} = \sqrt{2.1{,}92.10^{14}.0{,}5} = 1{,}38.10^{7}$ m/s.

**11.** Hạt bụi chịu tác dụng của trọng lực $\vec{P}$ và lực điện trường $\vec{F}$. Muốn hạt bụi cân bằng thì $\vec{P} + \vec{F} = 0$. Vì $\vec{P}$ hướng xuống nên $\vec{F}$ phải hướng lên trên, tức là hạt bụi phải mang điện tích âm.

Ta có $mg = |q|E \Rightarrow |q| = \frac{mg}{E} = 10^{-13}C$. Vậy $q = -10^{-13}C$.

**12.** Quả cầu chịu tác dụng của trọng lực $\vec{P}$, lực điện trường $\vec{F}$ và lực căng dây $\vec{T}$ (hình 21). Khi cân bằng thì: $\vec{P} + \vec{F} + \vec{T} = 0$



*Hình 21*

Ta có: $\mathrm{tg}45^{\circ} = \frac{F}{P} \Rightarrow F = mg.\mathrm{tg}45^{\circ} = 10^{-3}N$.

Độ lớn điện tích: $|q| = \frac{F}{E} = \frac{10^{-3}}{10^{3}} = 10^{-6}C$.

Vậy $q = \pm 10^{-6}C$.

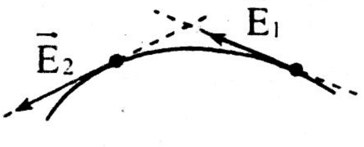
# §4-5. ĐƯỜNG SỨC ĐIỆN. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN TRƯỜNG. HIỆU ĐIỆN THẾ

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Đường sức điện

#### *a) Định nghĩa*

Đường sức điện là đường cong có hướng sao cho vectơ cường độ điện trường tại bất kì điểm nào trên đường đó cũng có phương tiếp tuyến với đường cong và có chiều cùng với chiều của đường cong tại điểm ta xét (hình 22)

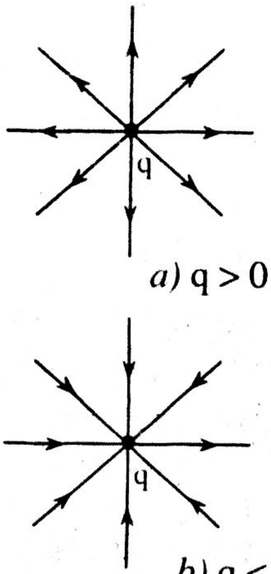


*Hình 22*

Đường sức điện thường được nói vắn tắt là đường sức.

#### *b) Các quy tắc vẽ đường sức*

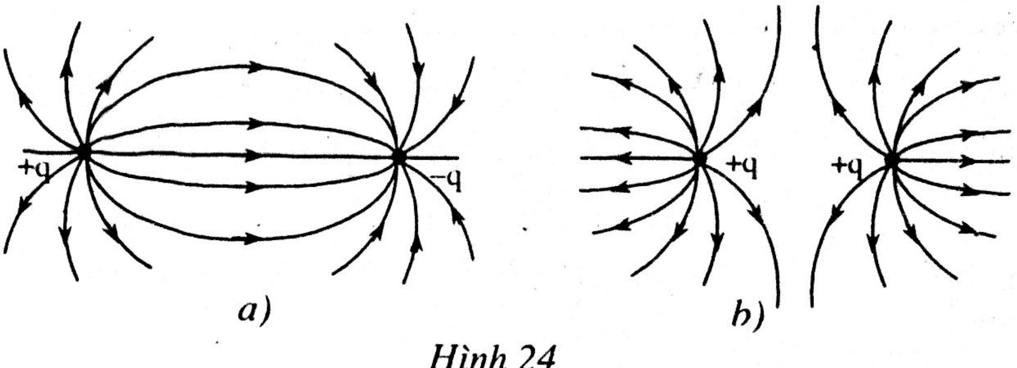
- Tại mỗi điểm trong điện trường nói chung ta có thể vẽ được một đường sức đi qua.
- Nói chung các đường sức xuất phát từ các điện tích dương và tận cùng ở các điện tích âm.
- Các đường sức không bao giờ cắt nhau.
- Người ta quy ước nơi nào có cường độ điện trường lớn hơn thì các đường sức ở đó được vẽ mau hơn (dày hơn), nơi nào cường độ điện trường nhỏ hơn thì các đường sức ở đó được vẽ thưa hơn. Chẳng hạn trên các hình 23 và 24 ở nơi gần điện tích, các đường sức mau hơn nơi xa điện tích.



*a)* $q > 0$

*b)* $q < 0$

*Hình 23*



*a)* *b)*

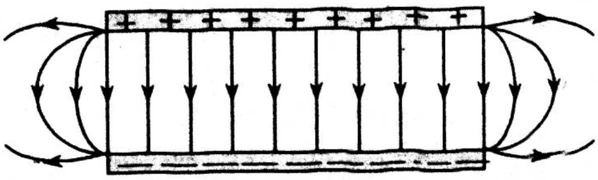
*Hình 24*

#### *c) Điện phổ*

Dùng một loại bột rắc vào dầu rồi khuấy đều. Sau đó đặt một quả cầu nhiễm điện vào trong dầu. Ta gõ nhẹ vào khay dầu thì các hạt bột sẽ tự động sắp xếp thành các "đường hạt bột". Ta gọi hệ các đường hạt bột đó là điện phổ của quả cầu nhiễm điện. Các đường hạt bột của điện phổ cho ta hình ảnh các đường sức.

## 2. Điện trường đều. Đường sức của điện trường đều

Một điện trường có vectơ cường độ điện trường bằng nhau tại mọi điểm gọi là điện trường đều. Các đường sức của điện trường đều là các đường song song và cách điều nhau.



*Hình 25*

Điện trường bên trong hai tấm kim loại là điện trường đều. Đường sức của điện trường này được vẽ trên hình 25.

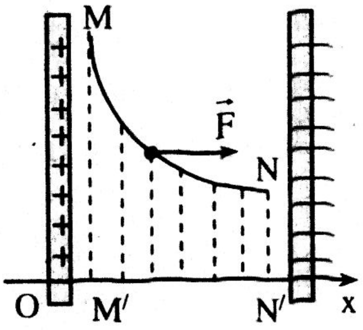
## 3. Công của lực điện trường

Xét một điện tích chuyển động trong điện trường đều giữa hai tấm kim loại song song nhiễm điện trái dấu.

Giả sử đường đi của điện tích q là đoạn đường MN và lực điện trường tác dụng lên $q > 0$ có chiều hướng từ cực dương sang âm.

Công trên toàn đoạn MN: $A_{MN} = qE\overline{M'N'}$

Trong đó, $M'$, $N'$ là hình chiếu của hai điểm M, N lên trục Ox như trên hình 26. $\overline{M'N'}$ là độ dài đại số của đoạn $M'N'$.



*Hình 26*

Nhận xét: Công của lực điện trường không phụ thuộc vào dạng của đoạn đường đi MN mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của hai điểm M, N tức là của điểm đầu và điểm cuối của đường đi. Điều đó không chỉ đúng đối với điện trường đều mà còn đúng cả trong trường hợp điện trường không đều.

## 4. Hiệu điện thế

Có thể biểu diễn công của lực điện trường khi điện tích q di chuyển từ điểm M đến N qua hiệu thế năng của điện tích q tại hai điểm đó:

$A_{MN} = W_M - W_N$. Với $W_M$, $W_N$ là thế năng của điện tích q tại M, N.

Thế năng của điện tích q tỉ lệ với điện tích q, nghĩa là có thể viết:

$$W_M = qV_M\,,\ W_N = qV_N$$

Trong đó $V_M$, $V_N$ là các đại lượng không phụ thuộc q mà chỉ phụ thuộc điện trường. Khi đó: $A_{MN} = q(V_M - V_N)$.

$V_M$, $V_N$ được gọi là điện thế tại các điểm M, N tương ứng.

$(V_M - V_N)$ là hiệu điện thế giữa hai điểm M, N (đôi khi cũng được gọi là điện áp giữa hai điểm M, N).

Hệ thức định nghĩa hiệu điện thế : $V_M - V_N = \dfrac{A_{MN}}{q}$.

Chú ý: Điện thế của điện tích phụ thuộc vào cách chọn gốc của điện thế. Thường người ta chọn điện thế của đất làm gốc (nghĩa là coi điện thế của đất bằng 0). Cũng có khi người ta chọn điện thế ở xa vô cực làm gốc.

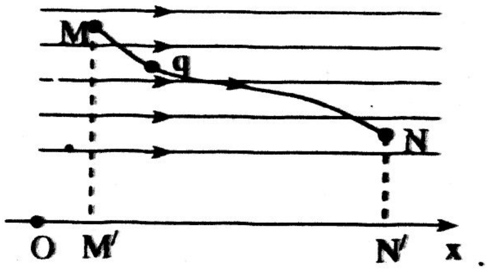
- Trong hệ SI, đơn vị điện thế và hiệu điện thế là vôn (V).

- Để đo hiệu điện thế giữa hai vật, người ta dùng tĩnh điện kế.

### 5. Liên hệ giữa điện trường và hiệu điện thế

Đối với điện trường đều: $E = \dfrac{U_{MN}}{M'N'}$.

Các điểm M, N, M', N' được chỉ rõ trên hình 27. Nếu không cần để ý dấu của các đại lượng thì ta có thể viết: $E = \dfrac{U}{d}$.



*Hình 27*

Trong đó d là khoảng cách hình học giữ hai điểm M', N'.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hai tấm kim loại song song , cách nhau 2 cm và được nhiễm điện trái dấu nhau. Muốn làm cho điện tích $q = 5.10^{-10}$C di chuyển từ tấm này đến tấm kia cần tốn một công $A = 2.10^{-9}$ J. Xác định cường độ điện trường bên trong hai tấm kim loại đó. Cho biết điện trường bên trong hai tấm kim loại đã cho là điện trường đều và có đường sức vuông góc với các tấm.

2. Tính công cần thực hiện để làm cho hai hạt prôtôn gần lại nhau 1m, biết rằng chúng ở trong chân không và lúc đầu cách nhau 2m.

3. Một điện tích $q = 10^{-6}$C thu được năng lượng $W = 2.10^{-4}$J khi đi từ A đến B. Tính hiệu điện thế giữa hai điểm A và B.

4. Trong vật lý người ta hay dùng đơn vị năng lượng êlectrôn-vôn (eV). Electrôn-vôn là năng lượng mà một êlectrôn thu được khi nó đi qua đoạn đường có hiệu điện thế hai đầu là U = 1V.

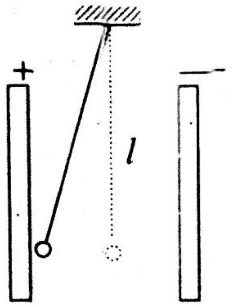
   a) Tính êlectrôn - vôn ra Jun.

   b) Tính vận tốc của êlectrôn có năng lượng W = 0,1MeV.

5. Một êlectron chuyển động dọc theo đường sức của một điện trường đều. Cường độ điện trường E = 100V/m. Vận tốc ban đầu của êlectron bằng 300km/s. Hỏi êlectron chuyển động được quãng đường dài bao nhiêu thì vận tốc của nó bằng không? Cho khối lượng êlectron $m = 9,1.10^{-31}$ kg.

6. Một quả cầu nhỏ khối lượng $3,06.10^{-15}$ kg nằm lơ lửng giữa hai tấm kim loại song song nằm ngang và nhiễm điện trái dấu. Điện tích của quả cầu đó bằng $4,8.10^{-18}$C. Hai tấm kim loại cách nhau 2cm. Hỏi hiệu điện thế đặt vào hai tấm đó ? Lấy gương = 10 m/s$^2$.

7. Một quả cầu khối lượng $4{,}5.10^{-3}$ kg treo vào một sợi dây dài 1m. Quả cầu nằm giữa hai tấm kim loại song song, thẳng đứng như hình 28. Hai tấm cách nhau 4 cm. Đặt một hiệu điện thế 750 V vào tấm đó thì quả cầu lệch ra khỏi vị trí ban đầu 1cm. Hỏi điện tích của quả cầu? Lấy $g = 10\ m/s^2$.



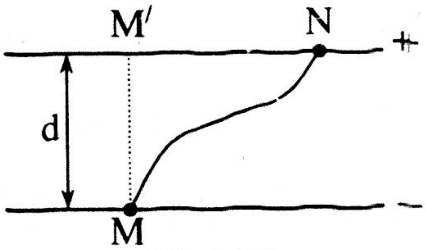
*Hình 28*

8. Điện tích $q = 1{,}6.10^{-19}$ C đặt tại điểm O trong không khí.

a) Tính điện thế tại điểm M cách O một khoảng $r = 5.10^{-8}$cm.

b) Tính công điện trường thực hiện khi dịch chuyển electrôn từ xa vô cực về điểm M.

9. Hai bản kim lạai phẳng đặt song song, cách nhau một khoảng 2cm. Cường độ điện trường trong khoảng giữa hai bản kim loại là 500V/m. Tính công ngoại lực phải thực hiện để đưa electrôn từ điểm N ở bản dương sang điểm M ở bản âm (hình 29).



*Hình 29*

10. Một quả cầu bằng kim loại, có bán kính a = 10cm. Tính điện thế gây ra bởi quả cầu tại điểm A cách tâm quả cầu một khoảng R = 40cm, và tại điểm B ở trên mặt quả cầu, nếu điện tích quả cầu là:

a) $Q_1 = 10^{-9}C$.

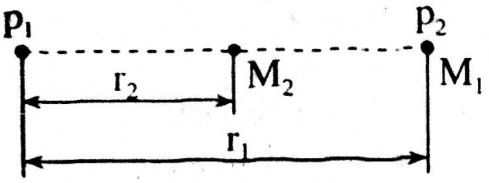
b) $Q_2 = -5.10^{-8}C$.

Lấy điện thế ở vô cực bằng 0.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Ta có $A = qEd \Rightarrow E = \dfrac{A}{qd} = \dfrac{2.10^{-9}}{5.10^{-10}.2.10^{-2}} = 200V/m$.

2. Có thể coi một prôtôn đứng yên sinh ra điện trường, còn prôtôn kia dịch chuyển từ điểm $M_1$ tới điểm $M_2$ trong điện trường do prôtôn thứ nhất tạo ra. (hình 30)



*Hình 30*

Điện thế của điện trường gây bởi prôtôn thứ nhất ở điểm $M_1$ và $M_2$:

$$V_1 = 9.10^9.\frac{q_P}{r_1} \text{ và } V_2 = 9.10^9.\frac{q_P}{r_2}$$

Hiệu điện thế giữa $M_1$ và $M_2$: $U_{12} = V_1 - V_2 = 9.10^9.q_p\left(\dfrac{1}{r_1} - \dfrac{1}{r_2}\right)$.

Công của ngoại lực bằng công của điện trường lấy với dấu trừ (vì ở đây điện lực chống lại sự dịch chuyển này):

$$A_n = -A_{12} = q_p(V_2 - V_1) = -q_pU_{12} = A_{n1} = 9.10^9\ q_p^2\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right)$$

Thay số: $A_{nl} = 9.10^9.(1,6)^2.10^{-38}(\frac{1}{1} - \frac{1}{2}) = 1,152.10^{-28}$ J.

**3.** Năng lượng điện tích q thu được chính là công của lực điện trường làm dịch chuyển điện tích từ A đến B.

Ta có : $A = W = qU \Rightarrow U = \frac{W}{q} = \frac{2.10^{-4}}{10^{-6}} = 200$ V.

**4.** a) Ta có : $1eV = q.U = 1,6.10^{-19}.1 = 1,6.10^{-19}$ J

b) Năng lượng của electron dưới dạng động năng;

$$W = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2W}{m}} = \sqrt{\frac{2.0,1.10^6.1,6.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}} = 1,87.10^8 \text{ m/s.}$$

**5.** Khi êlectron bắt đầu vào trong điện trường thì lực điện trường tác dụng lên êlectron đóng vai trò lực cản. Lúc đầu êlectron có năng lượng $\frac{mv^2}{2}$. Khi êlectron đi được một đoạn đường s thì công của lực cản bằng eEs. Có thể viết : $eEs = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow s = \frac{mv^2}{2eE}$.

Thay số: $s = \frac{9,1.10^{-31}.(3.10^5)^2}{2.1,6.10^{-19}.10^2} = 25,6.10^{-4}m = 2,56mm$

**6.** Khi quả cầu nằm lơ lửng giữa hai tấm kim loại thì lực điện và trọng lực cân bằng nhau. Ta có $F = qE = q\frac{U}{d}$ và $P = mg$.

$$F = P \Leftrightarrow q\frac{U}{d} = mg \Rightarrow U = \frac{mgd}{q} = \frac{3,06.10^{-15}.10.2.10^{-2}}{4,8.10^{-18}} = 127,5V.$$

**7.** Các lực tác dụng: $P = mg$; $F = qE = q\frac{U}{d}$ và lực căng dây.

Từ điều kiện cân bằng $\vec{P} + \vec{F} + \vec{T} = \vec{0}$, chú ý $F = P\text{tg}\alpha$ và $\alpha$ nhỏ ta suy được

$$mg = q\frac{U}{d} \Rightarrow\ q = \frac{mgd}{100U} = \frac{4,5.10^{-3}.10.4.10^{-2}}{100.750} = 2,4.10^{-8}\text{ C.}$$

Quả cầu lệch về phía bản dương nên: $q = -2,4.10^{-8}$C.

**8.** a) Điện thế tại điểm M: $V_M = 9.10^9.\frac{q}{r} = 9.10^9\frac{1,6.10^{-19}}{5.10^{-10}} = 2,88$ V

b) Công điện trường khi dịch chuyển electrôn từ xa vô cực về điểm M: $A_{\infty M} = -A_{M\infty} = -q_e.V_M\ 1,6.10^{-19}.2,88J = 4,608.10^{-19}$ J.

**9.** Công ngoại lực: $A_n = -A_{NM} = q_e(V_M - V_N)$

Vì hai điểm N và $M'$ có điện thế như nhau nên ta có :

$A_n = q_c(V_M - V_{M'}) = -q_cU = -q_cEd = 1,6.10^{-18}$ J.

**10.** Xem như điện tích đặt ở tâm quả cầu:

a) Điện thế: $V_A = 9.10^9.\frac{q_1}{r} = 9.10^9.\frac{10^{-9}}{0,4} = 22,5V.$

$$V_B = 9.10^9.\frac{q_1}{a} = 9.10^9.\frac{10^{-9}}{0,1} = 90V.$$

b) Điện thế : $V_A = 9.10^9.\frac{q_2}{r} = 9.10^9.\frac{-5.10^{-8}}{0,4} = -1125V.$

$$V_B = 9.10^9.\frac{q_2}{r} = 9.10^9.\frac{-5.10^{-8}}{0,1} = -4500V.$$

# §6-7. VẬT DẪN VÀ ĐIỆN MÔI TRONG ĐIỆN TRƯỜNG. TỤ ĐIỆN

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Vật dẫn trong điện trường

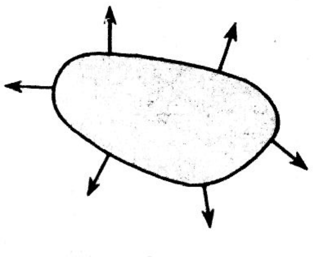
Trạng thái cân bằng điện của vật dẫn là trạng thái mà bên trong vật không có dòng điện đi qua. Ta chỉ khảo sát vật dẫn trong trạng thái cân bằng điện.

***a) Điện trường trong vật dẫn tích điện***

- Bên trong vật dẫn điện trường bằng không.

- Trong phần rỗng của vật dẫn, điện trường cũng bằng không.

- Vectơ cường độ điện trường vuông góc với mặt vật dẫn (hình 31).



*Hình 31*

***b) Điện thế của vật dẫn cách điện***

- Điện thế tại mọi điểm trên mặt ngoài vật dẫn có giá trị bằng nhau.

- Điện thế tại mọi điểm bên trong vật dẫn bằng nhau và bằng điện thế bên mặt ngoài của vật.

- Toàn bộ vật dẫn là đẳng thế.

***c) Sự phân bố của điện tích ở vật dẫn tích điện***

- Khi một vật dẫn nhiễm điện, thì điện tích chỉ phân bố ở mặt ngoài của vật. Với vật dẫn đặc, điện tích cũng phân bố ở mặt ngoài của vật.

- Nếu mặt ngoài vật dẫn có chỗ lồi, chỗ lõm thì ở những chỗ lồi của mặt vật dẫn, điện tích tập trung nhiều hơn, ở chỗ mũi nhọn điện tích tập trung nhiều nhất, ở chỗ lõm hầu như không có điện tích.

### 2. Điện môi trong điện trường

Khi đặt một mẫu điện môi trong điện trường thì điện môi bị phân cực do sự phân cực mà các mặt ngoài của điện môi trở thành các mặt nhiễm điện, làm xuất hiện các điện trường phụ. Điện trường phụ ngược chiều với điện trường ngoài làm cho điện trường bên trong điện môi giảm. Điện trường giảm kéo theo lực điện tác dụng lên điện tích trong điện môi cũng giảm.

### 3. Tụ điện

***a) Định nghĩa***

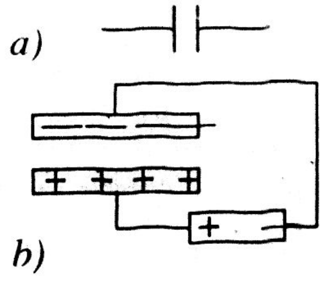
Tụ điện là hệ hai vật dẫn đặt gần nhau nhưng không tiếp xúc với nhau. Mỗi vật dẫn đó gọi là một bản tụ điện. Khoảng không gian giữa hai bản có thể là chân không hay một chất điện môi nào đó.

Trong sơ đồ mạch điện, tụ điện được kí hiệu như trên hình 32a.

Nối hai bản của tụ điện với hai cực của của một nguồn điện, như một bộ acquy hay một máy phát điện, được gọi là tích điện (hay nạp điện) cho tụ điện (hình 32).

***b) Tụ điện phẳng***

- Hai bản tụ điện phẳng là hai tấm kim loại có kích thước lớn đặt đối diện nhau và song song với nhau. Khi tích điện thì hai bản của tụ điện nhiễm điện trái dấu nhau và có trị số tuyệt đối bằng nhau. Trị số tuyệt đối của điện tích trên mỗi bản của tụ điện khi tích điện gọi là điện tích của tụ điện.



*Hình 32*

## 4. Điện dung của tụ điện

Điện dung của một tụ điện phụ thộc vào hình dạng, kính thước của hai bản, vào khoảng cách giữa hai bản và vào chất điện môi ở giữa hai bản. Trong hệ SI thì: $C = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d}$.

Trong đó S là phần diện tích đối diện giữa hai bản, d là khoảng cách giữa hai bản và ε là hằng số điện môi của chất điện môi đổ đầy giữa hai bản.

Mỗi tụ điện có một hiệu điện thế giới hạn. Hiệu điện thế giới hạn này thường được ghi ngay trên tụ điện. Lưu ý khi sử dụng, không được mắc tụ điện vào một hiệu điện thế lớn hơn hiệu điện thế đó.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

**1.** Một vỏ cầu mỏng bằng kim loại có bán kính R được tích điện +Q. Đặt bên trong quả cầu này một quả cầu kim loại nhỏ hơn có bán kính r, đồng tâm O với vỏ quả cầu và mang điện tích +q. Xác định:

a) Điện thế ở mặt quả cầu và vỏ cầu.

b) Cường độ điện trường trong quả cầu và tại điểm M ($r < OM < R$).

**2.** Hai quả cầu kim loại đặt khá xa nhau có bán kính $R_1$ và $R_2$, điện tích $Q_1$, $Q_2$. điện thế của các quả cầu là $V_1$ và $V_2$ (gốc điện thế ở vô cực). Hỏi khi nối hai quả cầu với nhau bằng một dây dẫn, các điện tích có di chuyển từ quả nọ sang quả kia không? Xét trong các trường hợp:

a) $R_1 > R_2$ ; $Q_1 = Q_2$ (cùng dấu dương)

b) $R_1 > R_2$ ; $V_1 = V_2$. Trường hợp này so sánh $Q_1$ và $Q_2$

c) $Q_1 > 0$ và $Q_2 < 0$.

**3.** Một tụ điện có điện dung 500 pF được nối vào hai cực của một máy phát điện có hiệu điện thế 220 V. Tính điện tích của tụ điện.

**4.** Một tụ điện không khí có điện dung C = 2000 pF được mắc vào hai cực của nguồn điện có hiệu điện thế U = 5000 V.

a) Tính điện tích của tụ điện.

b) Người ta ngắt tụ điện ra khỏi nguồn rồi nhúng nó chìm hẳn vào một điện môi lỏng có $\varepsilon = 2$. Tìm điện dung của tụ điện và hiệu điện thế của tụ điện khi đó.

**5.** Cho một tụ điện phẳng mà hai bản có dạng hình tròn bán kính 2 cm và đặt trong không khí. Hai bản cách nhau 2 mm.

a) Tính điện dung của tụ điện đó.

b) Có thể đặt một hiệu điện thế lớn nhất là bao nhiêu vào hai bản của tụ đó? Biết điện trường đánh thủng đối với không khí là $3.10^6$V/m.

**6.** Một tụ điện phẳng mắc vào hai cực của nguồn điện có hiệu điện thế 500V. Ngắt tụ điện ra khỏi nguồn rồi kéo cho khoảng cách của hai bản tụ điện tăng gấp hai lần. Tính hiệu điện thế của tụ điện khi đó.

**7.** Hai bản của tụ điện phẳng có dạng hình tròn bán kính R = 60 cm, khoảng cách giữa hai bản là d = 2 mm. Giữa hai bản là không khí.

a) Tính điện dung của tụ điện.

b) Có thể tích cho tụ điện đó có một điện tích lớn nhất là bằng bao nhiêu để tụ điện không bị đánh thủng, biết rằng cường độ điện trường lớn nhất mà không khí chịu được là $3.10^5$ V/m. Hiệu điện thế lớn nhất giữa hai bản tụ điện là bao nhiêu?

**8.** Một electrôn bay từ bản âm sang bản dương của tụ điện phẳng. Điện trường trong khoảng hai bản tụ có cường độ $E = 6.10^4$V/m. Khoảng cách giữa hai bản tụ là d = 5cm. Cho $m_e = 9,1.10^{-31}$kg.

a) Tính gia tốc của electrôn.

b) Tính thời gian bay của electrôn biết vận tốc lúc ban đầu bằng 0.

c) Tính vận tốc tức thời của electrôn khi chạm bản dương của tụ điện.

**9.** Một hạt bụi có khối lượng $m = 4,5.10^{-9}$kg, điện tích $q = +1,5.10^{-6}$C, chuyển động từ bản dương sang bản âm của tụ điện phẳng với vận tốc ban đầu bằng 0. Hai bản tụ cách nhau một khoảng d = 2cm. Cường độ điện trường giữa hai bản tụ là E = 3000V/m.

a) Tính gia tốc của hạt bụi

b) Tính thời gian hạt bụi bay từ bản dương sang bản âm

c) Tính động năng của hạt bụi khi chạm bản âm.

**10.** Một electrôn có động năng $W_0$ = 3000eV bay vào vùng không gian giữa hai bản tụ phẳng theo phương song song với hai bản tụ. Chiều dài mỗi bản tụ là $l$ = 6cm, khoảng cách và hiệu điện thế giữa hai bản tụ lần lượt là d = 3cm và U = 600V. Lúc đầu electrôn ở sát bản âm.

a) Tính độ lớn vận tốc ban đầu của electrôn.

b) Tính độ lệch h theo phương thẳng đứng khi electrôn bắt đầu ra khỏi tụ (đã vượt quãng đường theo phương nằm ngang).

c) Tính độ lớn vận tốc electrôn khi bắt đầu ra khỏi tụ.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** a) Điện thế ở mặt quả cầu: Điện thế ở mặt quả cầu gồm điện thế do điện tích Q của vỏ cầu tạo ra và điện thế do điện tích q của quả cầu.

- Điện thế do Q gây ra tại mọi điểm trên và trong vỏ cầu đều bằng nhau: $V_Q = k.\frac{Q}{R}$.

- Điện thế do q gây ra tại mọi điểm trong quả cầu bằng : $V_q = k.\frac{q}{r}$.

- Điện thế trên quả cầu là: $V(r) = V_Q + V_q$ hay $V(r) = k.\left(\frac{Q}{R} + \frac{q}{r}\right)$.

- Điện thế do điện tích q tạo ra trên mặt vỏ cầu là: $V_q^{/} = k.\frac{q}{R}$.

Điện thế ở mặt vỏ cầu là : $V_R = V_Q + V_q^{/} = k.\frac{(Q+q)}{R}$.

b) Cường độ điện trường bên trong vật dẫn cân bằng điện bằng 0 nên cường độ điện trường trong quả cầu bằng 0. Do đó cường độ điện trường tại M là điện trường do điện tích điểm q xem như đặt tại tâm O gây ra: $E_M = k.\frac{q}{OM^2}$

**2.** Điện thế của các quả cầu: $V_1 = k\frac{Q_1}{R_1}$ và $V_2 = k\frac{Q_2}{R_2}$.

a) Vì $R_1 > R_2$ ; $Q_1 = Q_2$ nên $V_2 > V_1$.

Khi nối hai quả cầu với nhau bằng dây dẫn, thì các electrôn dịch chuyển từ quả cầu 1 sang quả cầu 2 (ngược chiều chuyển động của các hạt mang điện dương).

b) Vì $V_1 = V_2$ nên giữa hai quả cầu có hiệu điện thế bằng 0 và không có sự dịch chuyển của điện tích.

Mặt khác, vì $R_1 > R_2$ và $V_1 = V_2$ nên $Q_1 > Q_2$.

c) Vì $Q_1 > 0$ và $Q_2 < 0$ nên $V_1 > 0$; $V_2 < 0$. Các electrôn dịch chuyển từ quả cầu 2 sang quả cầu 1.

**3.** Điện tích của tụ điện: $Q = CU = 5.10^{-10}.220 = 1,1.10^{-7}$ C.

**4.** a) Điện tích của tụ điện: $Q = C.U = 2000.10^{-12}.5000 = 10^{-5}$ C

b) Điện dung của tụ điện khi nhúng vào điện môi:

$C' = \varepsilon.C = 2.2000$ pF $= 4000$ pF

Hiệu điện thế: $U' = \dfrac{Q}{C'} = \dfrac{U}{\varepsilon.C} = \dfrac{U}{\varepsilon} = \dfrac{5000}{2} = 2500$ V.

**5.** a) Điện dung của tụ điện: $C = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d}$, với $S = \pi r^2$.

Thay số: $C = \dfrac{1.3{,}14.(2.10^{-2})^2}{9.10^9.4.3{,}14.2.10^{-3}} = 5{,}5.10^{-12}F = 5{,}5$ pF.

b) Từ $E = \dfrac{U}{d} \Rightarrow U = Ed$.

Với $E = E_{max} = 3.10^6$ V / m thì $U_{max} = 3.10^6.2.10^{-3} = 6000V$.

**6.** Ta có điện dung $C = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d}$. Khi khoảng cách d giữa hai bản tụ điện tăng lên hai lần thì điện dung của nó giảm đi hai lần.

Khi đã nạp điện cho tụ điện đến điện tích Q và ngắt tụ điện khỏi nguồn điện thì điện tích Q của tụ điện không đổi. Từ Q = CU ta thấy khi C giảm 2 lần thì U tăng lên 2 lần.

**7.** a) Điện dung: $C = \dfrac{\varepsilon.S}{9.19^9.4\pi.d} = \dfrac{1.3{,}14.(0{,}6)^2}{9.10^9.4.3{,}14.0{,}002} = 5.10^{-9}$ F.

b) Ta có: $Q = CU = CE.d \Rightarrow E = \dfrac{Q}{C.d}$.

Chú ý rằng: $E \le E_0 = 3.10^5$ V/m $\Rightarrow \dfrac{Q}{C.d} \le 3.10^5 \Rightarrow Q \le 3.10^{-6}$ C.

* Điện tích lớn nhất của tụ điện : $Q_0 = 3.10^{-6}$ C.

* Hiệu điện thế giới hạn: $U_0 = \dfrac{Q_0}{C} = \dfrac{3.10^{-6}}{5.10^{-9}} = 6.10^2 = 600$ V

**8.** a) Gia tốc: $a = \dfrac{F}{m} = \dfrac{|q_e|E}{m} = \dfrac{1{,}6.10^{-19}.6.10^4}{9{,}1.10^{-31}} = 1{,}05.10^{16}$ m/s.

b) Electrôn chuyển động nhanh dần đều với vận tốc ban đầu bằng 0 nên:

$$s = d = v_0t + \frac{at^2}{2} = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2d}{a}} = \sqrt{\frac{2.5.10^{-2}}{1{,}05.10^{16}}} \approx 3.10^{-9}\text{s}.$$

c) Khi chạm bản dương: $v_t = at = 1{,}05.10^{16}.3.10^{-9} = 3{,}15.10^7$m/s

**9.** a) Gia tốc của hạt bụi: $a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{1,5.10^{-6}.3000}{4,5.10^{-9}} = 10^{6}\ \text{m/s}^2$.

b) Từ $s = d = \frac{at^2}{2} \Rightarrow$ thời gian bay: $t = \sqrt{\frac{2d}{a}} = \sqrt{\frac{2.2.10^{-2}}{10^{6}}} = 2.10^{-4}\text{s}$.

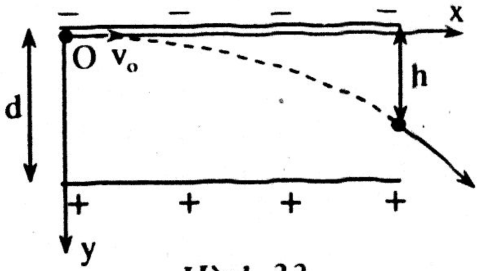
c) Động năng của hạt bụi khi chạm bản âm là W:

Ta có: $W - W_0 = qEd$. Vì $W_0 = 0$ nên:

$$W = qEd = 1,5.10^{-6}.3000.2.10^{-2} = 9.10^{-5}\ \text{J}.$$

**10.** a) Từ $W = \frac{1}{2}mv_0^2 \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2W}{m}} = \sqrt{\frac{2.3000.1,6.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}} = 3,25.10^{7}\text{m/s}$.

b) Coi chuyển động của electrôn như vật ném ngang. Lực tác dụng vào electrôn hướng vào bản dương (theo phương y) do đó chuyển động theo phương x là chuyển động đều, còn chuyển động theo phương y là chuyển động nhanh dần đều. (hình 33)



*Hình 33*

Thời gian cần thiết để electrôn vượt qua quãng đường $\ell$ theo phương x:

$$t = \frac{\ell}{v_0}$$

Độ lớn gia tốc theo phương y:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{|q_e|E}{m} = \frac{|q_e|U}{md}$$

Độ lệch h là quãng đường đi được theo phương thẳng đứng sau thời gian t:

$$h = \frac{at^2}{2} = \frac{|q_e|U}{2md}.\frac{\ell^2}{v_0^2}\ \frac{1,6.10^{-19}.600.0,06^2}{2.9,1.10^{-31}.0,03.(3,25.10^{7})^2} = 6\text{mm}.$$

c) Ta có $v_x = v_0 = 3,25.10^{7}$ m/s.

$$v_y = at = \frac{1,6.10^{-19}.600.0,06}{9,1.10^{-31}.0,03.3,25.10^{7}} = 0,64.10^{7}\ \text{m/s}.$$

Vận tốc khi ra khỏi tụ điện: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$.

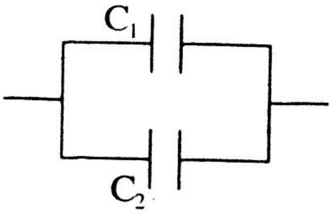
Thay số: $v = \sqrt{(3,25.10^{7})^2 + (0,64.10^{7})^2} = 3,3.10^{7}$ m/s.

# § 8. GHÉP TỤ ĐIỆN. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Hai cách ghép tụ điện cơ bản

***a) Ghép song song*** (hình 34)



*Hình 34*

Khi nạp điện, cả hai tụ điện của bộ đều có cùng hiệu điện thế U. Gọi điện dung của hai tụ điện đó là $C_1$, $C_2$ thì tích điện của các tụ điện là:

$$Q_1 = C_1U,\ Q_2 = C_2U.$$

Gọi điện tích của bộ tụ điện là Q thì:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Điện dung tương đương là C thì :

$$C = C_1 + C_2$$

Tổng quát : $C = C_1 + C_2 + \ldots + C_n$

***b) Ghép nối tiếp*** (hình 35)

*Hình 35*

Gọi U là hiệu điện thế của bộ tụ điện đó thì: $U = U_1 + U_2$

Điện tích của các tụ điện của bộ bằng nhau: $Q = Q_1 = Q_2$

Điện dung của bộ tụ điện tính bởi: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

Tổng quát: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots + \frac{1}{C_n}$.

### 2. Năng lượng điện trường

***a) Năng lượng của tụ điện***

$$W = \frac{1}{2}QU \text{ hay } W = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{Q^2}{2C}.$$

Trong đó: Q là điện tích, U là hiệu điện thế của tụ điện và C là điện dung của tụ điện.

***b) Năng lượng điện trường***

Gọi V là thể tích khoảng không gian giữa hai bản tụ điện phẳng, E là cường độ điện trường và ε là hằng số điện môi thì năng lượng điện trường trong tụ điện phẳng là: $W = \frac{\varepsilon E^2}{9.10^9.8\pi}V$.

Mật độ năng lượng điện trường : $w = \frac{\varepsilon E^2}{9.10^9.8\pi}$.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

**1.** Hai tụ điện $C_1 = 0,4\ \mu F$, $C_2 = 0,6\ \mu F$ ghép song song với nhau. Mắc bộ tụ điện đó vào nguồn điện có hiệu điện thế $U < 60$ V thì một trong hai tụ điện đó có điện tích bằng $3.10^{-5}$ C. Tính:

a) Hiệu điện thế U.

b) Điện tích của tụ điện kia.

**2.** Hai tụ điện $C_1 = 1\ \mu F$ và $C_2 = 3\ \mu F$ mắc nối tiếp.

a) Tính điện dung của bộ tụ điện.

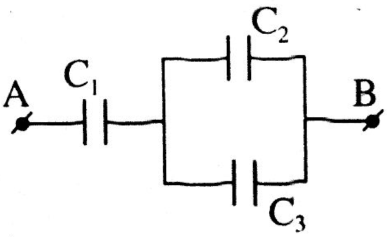
b) Mắc bộ tụ đó vào hai cực của nguồn điện có hiệu điện thế U = 4V. Tính điện tích của các tụ điện.

**3.** Ba tụ điện $C_1 = 20$ pF, $C_2 = 10$ pF, $C_3 = 30$pF ghép nối tiếp với nhau. Tính điện dung của bộ tụ điện đó.

**4.** Ba tụ điện $C_2 = 12\ \mu F$; $C_1 = C_3 = 3\ \mu F$ mắc như hình 36.

a) Tính điện dung $C_{AB}$ của bộ tụ.

b) Nối hai đầu A và B vào hai cực của nguồn điện có hiệu điện thế U = 4V. Tính điện tích của các tụ điện.



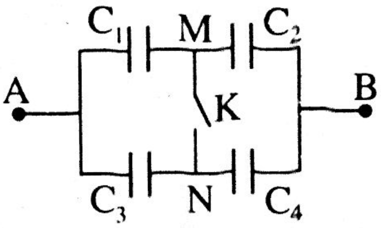
*Hình 36*

**5.** Cho bộ tụ điện như hình 37.

Cho biết $C_1 = 1\mu F$ ; $C_2 = 3\mu F$ ; $C_3 = 6\mu F$ và $C_4 = 4\mu F$. Hiệu điện thế $U_{AB} = 24V$. Tính điện dung tương đương của bộ tụ, hiệu điện thế và điện tích của mỗi tụ khi:

a) Khoá k mở.

b) Khoá k đóng.



*Hình 37*

**6.** Tụ điện $C_1 = 2\mu F$ được tích điện tới $U_1 = 300V$ và tụ $C_2 = 3\mu F$ được tích điện tới $U_2 = 450V$. Tính điện tích và hiệu điện thế của các tụ điện trong các trường hợp sau:

a) Sau khi tích diện, nối hai bản tích điện cùng dấu với nhau.

b) Sau khi tích diện, nối hai bản tích điện trái dấu với nhau.

**7.** Một tụ điện phẳng không khí ($\varepsilon = 1$) có diện tích của bản là S, khoảng cách giữa hai bản là $l$, điện dung C. Người ta đặt vào khoảng giữa hai bản song song với chúng một tấm kim loại phẳng bề dày d và cũng có diện tích S. Hãy tính điện dung C' của tụ điện sau khi đưa bản kim loại vào. Tính tỉ số C'/C.

**8.** Một tụ điện phẳng không khí ($\varepsilon = 1$) có diện tích của bản là S, khoảng cách giữa hai bản là $l$, điện dung C. Người ta đặt vào khoảng giữa hai bản song

song với chúng một tấm điện môi phẳng bề dày d , cũng có diện tích S và hằng số điện môi $\varepsilon'$. Hãy tính điện dung $C'$ của tụ điện sau khi đưa tấm điện môi vào. Tính tỉ số $C'/C$.

9. Một tụ điện phẳng không khí có các bản hình chữ nhật đặt cách nhau một khoảng d. Lúc đầu hai bản tụ nằm ngang trong không khí thì điện dung của tụ điện là C. Bây giờ nhúng một bản trong điện môi có hằng số $\varepsilon$, bề dày của lớp điện môi bằng d/2. Tính điện dung $C'$ của tụ điện khi đó. Tìm $C'/C$.

10. Một tụ điên không khí phẳng mắc vào hiệu điện thế U = 200V. Diện tích mỗi bản bằng 20 $cm^2$ và hai bản cách nhau 4 mm. Hãy tính mật độ năng lượng điện trường trong tụ điện.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Khi mắc song song, hiệu điện thế trên hai tụ bằng nhau.

a) Nếu tụ điện $C_2$ có $Q = 10^{-5}$ C thì $U = \dfrac{Q}{C_2} = \dfrac{3.10^{-5}}{0,6.10^{-6}} = 50$ V.

Nếu tụ điện $C_1$ có $Q = 10^{-5}$ C thì $U = \dfrac{Q}{C_1} = \dfrac{3.10^{-5}}{0,4.10^{-6}} = 75$ V.

Vì U < 60V nên hiệu điện thế phải là U = 50V.

b) Điện tích của tụ điện $C_1$: $Q_1 = C_1U = 0,4.10^{-6}.50 = 2.10^{-5}$ C.

2. a) Điện dung của bộ tụ: $C_b = \dfrac{C_1C_2}{C_1 + C_2} = \dfrac{1.3}{1+3} = 0,75\ \mu F$.

b) Điện tích của bộ tụ : $Q_b = C_bU = 0,75.10^{-6}.4 = 3.10^{-6}$ C.

3. Từ $\dfrac{1}{C} = \dfrac{1}{C_1} + \dfrac{1}{C_2} + \dfrac{1}{C_3} \Rightarrow C = \dfrac{C_1C_2C_3}{C_1C_2 + C_2C_2 + C_1C_3} = 5,45$ pF.

4. a) Hai tụ $C_2$ và $C_3$ mắc song song nên: $C_{23} = C_2 + C_3 = 15\ \mu F$.

$C_1$ và $C_{23}$ ghép nối tiếp: $C_{AB} = C_{123} = \dfrac{C_1.C_{23}}{C_1 + C_{23}} = \dfrac{3.15}{3+15} = 2,5\mu F$.

b) Điện tích của bộ tụ: $Q = C_{AB}U = 2,5.10^{-6}.4 = 10^{-5}C$.

Điện tích của tụ $C_1$ bằng điện tích của bộ tụ: $Q_1 = Q_b = 10^{-5}X$.

Hiệu điện thế ở hai bản của $C_1$: $U_1 = \dfrac{Q_1}{C_1} = \dfrac{10^{-5}}{3.10^{-6}} = \dfrac{10}{3}$ V.

Hiệu điện thế hai đầu mỗi tụ $C_2$ và $C_3$: $U_2 = U_3 = 4 - \dfrac{10}{3} = \dfrac{2}{3}$ V.

Điện tích của tụ $C_2$: $Q_2 = C_2U_2 = \dfrac{12.10^{-6}.2}{3} = 8.10^{-6}$X.

Điện tích của tụ $C_3$: $Q_3 = C_3U_3 = \dfrac{3.10^{-6}.2}{3} = 2.10^{-6}$X.

**5.** a) Khoá k mở. Mạch gồm ($C_1$ nt $C_2$) // ($C_3$ nt $C_4$).

Ta có: $\dfrac{1}{C_{12}} = \dfrac{1}{C_1} + \dfrac{1}{C_2} \Rightarrow C_{12} = \dfrac{C_1C_2}{C_1 + C_2} = \dfrac{1.3}{1+3} = 0{,}75\ \mu F.$

$$\frac{1}{C_{34}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} \Rightarrow C_{34} = \frac{C_3C_4}{C_3 + C_4} = \frac{6.4}{6+4} = 2{,}4\ \mu F.$$

- Điện dung tương đương: $C = C_{12} + C_{34} = 0{,}75 + 2{,}4 = 3{,}15\ \mu F$.
- Điện tích của bộ tụ: $Q = CU = 3{,}15.10^{-6}.24 = 7{,}56.10^{-5}$X
- Điện tích trên các tụ $C_1$ và $C_2$: $Q_1 = Q_2 = C_{12}U = = 1{,}8.10^{-5}$X
- Điện tích trên các tụ $C_3$ và $C_4$: $Q_3 = Q_4 = C_{34}U = 5{,}76.10^{-5}$X
- Các hiệu điện thế: $U_1 = \dfrac{Q_1}{C_1} = 18V$; $U_2 = U_{AB} - U_1 = 6V$.

$$U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = 9{,}6V;\ U_2 = U_{AB} - U_1 = 14{,}4V.$$

b) Khoá k đóng. Mạch gồm ($C_1$ // $C_3$) nt ($C_2$ // $C_4$).

Ta có $C_{13} = C_1 + C_3 = 7\mu F$ ; $C_{24} = C_2 + C_4 = 7\mu F$.

$C_{13} = C_{24}$ nên: $C' = \dfrac{C_{13}}{2} = 3{,}5\mu F$.

- Điện tích của bộ tụ: $Q' = C'U = 3{,}5.10^{-6}.24 = 8{,}4.10^{-5}$X.
- Hiệu điện thế trên mỗi tụ:

$$U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = U_{AM} = U_{MB} = \frac{U_{AB}}{2} = 12V.$$

- Điện tích của mỗi tụ: $Q_1 = C_1U_1 = 12.10^{-6} = 1{,}2.10^{-5}$X.

$$Q_2 = C_2U_2 = 3.10^{-6}.12 = 3{,}6.10^{-5}X.$$

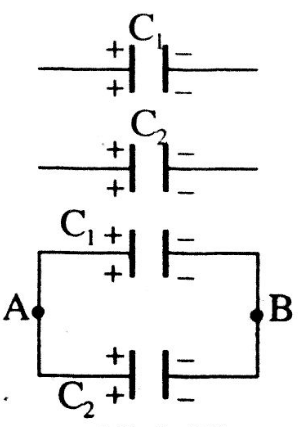
$$Q_3 = C_3U_3 = 6.10^{-6}.12 = 7{,}2.10^{-5}X.$$

$$Q_4 = C_4U_4 = 4.10^{-6}.12 = 4{,}8.10^{-5}X.$$

**6.** a) Gọi $q_1$ và $q_2$ là điện tích của các tụ trước khi nối:

$$q_1 = C_1U_1 \text{ và } q_2 = C_2U_2.$$

Sau khi nối các bản tụ cùng dấu với nhau, điện tích trên các tụ điện là $q_1^/$ và $q_2^/$ như hình 38. Hiệu điện thế của bộ tụ điện $U = U_{AB}$.



*Hình 38*

Theo định luật bảo toàn điện tích ta có:

$$q_1 + q_2 = q_1^/ + q_2^/$$

Hay $C_1U_1 + C_2U_2 = (C_1 + C_2)U$.

$$\Rightarrow U = \frac{C_1U_1 + C_2U_2}{C_1 + C_2} = 390V.$$

Điện tích tụ $C_1$: $q_1^/ = C_1U = 2.10^{-6}.390 = 7,8.10^{-4}X$.

Điện tích tụ $C_2$: $q_2^/ = C_2U = 3.10^{-6}.390 = 1,17.10^{-3}X$.

b) Khi nối các bản tụ trái dấu với nhau:

Theo định luật bảo toàn điện tích ta có: $q_2 - q_1 = q_1^/ + q_2^/$

Hay $C_2U_2 - C_1U_1 = (C_1 + C_2)U^/$

$$\Rightarrow U^/ = \frac{C_2U_2 - C_1U_1}{C_1 + C_2} = \frac{3.10^{-6}.450 - 2.10^{-6}.300}{2.10^{-6} + 3.10^{-6}} = 150V.$$

Điện tích tụ $C_1$: $q_1^/ = C_1U^/ = 2.10^{-6}.150 = 3.10^{-4}X$.

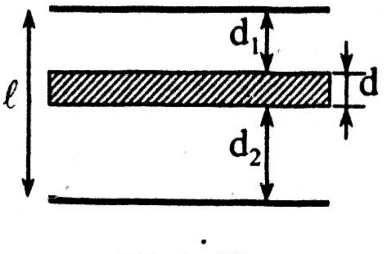
Điện tích tụ $C_2$: $q_2^/ = C_2U = 3.10^{-6}.150 = 4,5.10^{-3}X$.

**7.** Khi đưa tấm kim loại vào như hình 39, tấm kim loại bị nhiễm điện do hưởng ứng, nên ta coi hệ như hai tụ điện $C_1$ và $C_2$ ghép nối tiếp.

Ta có: $C_1 = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d_1}$ và $C_2 = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d_2}$

Điện dung tương đương: $C^/ = \dfrac{C_1C_2}{C_1 + C_2}$.

Hay $C^/ = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi(d_1 + d_2)}$.



*Hình 39*

Chú ý rằng $d_1 + d_2 = \ell - d$ nên:

$$C^/ = \frac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi(\ell - d)} = C\frac{\ell}{\ell - d} \Rightarrow \text{Tỉ số: } \frac{C^/}{C} = \frac{\ell}{\ell - d}.$$

**8.** Do sự phân cực điện môi của tấm điện môi trong điện trường nên khi đặt tấm điện môi có chiều dày d, hằng số điện môi $\varepsilon^/$ vào, ta coi hệ gồm có ba tụ điện ghép nối tiếp.

Ta có: $C_1 = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d_1}$ ; $C_2 = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d_2}$ ; $C_3 = \dfrac{\varepsilon' S}{9.10^9.4\pi d}$.

Điện dung tương đương: $C' = \dfrac{C_1C_2C_3}{C_1C_2 + C_2C_3 + C_1C_3}$

Thay các biểu thức của $C_1$, $C_2$ và $C_3$ vào ta được:

$$C' = C\frac{\ell}{\ell + d(\frac{1}{\varepsilon} - 1)} \Rightarrow \text{Tỉ số: } \frac{C'}{C} = \frac{\ell}{\ell + d(\frac{1}{\varepsilon} - 1)}.$$

**9.** Khi nhúng một bản trong điện môi có hằng số ε, bề dày của lớp điện môi bằng d/2 thì hệ trở thành hai tụ điện nối tiếp: Tụ thứ nhất có điện môi là không khí, khoảng cách giữa hai bản là d/2; tụ thứ hai có điện môi (ε), khoảng cách giữa hai bản là d/2.

Điện dung của các tụ: $C_1 = \dfrac{2S}{9.10^9.4\pi d}$ ; $C_2 = \dfrac{2\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d}$.

$$\text{điện dung tương đương: } C' = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\dfrac{2S}{9.10^9.4\pi d}.\dfrac{2\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d}}{\dfrac{2S}{9.10^9.4\pi d} + \dfrac{2\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d}}$$

$$\text{Hay } C' = \frac{2\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d(1+\varepsilon)} = C\frac{2\varepsilon}{(1+\varepsilon)} \Rightarrow \frac{C'}{C} = \frac{2\varepsilon}{(1+\varepsilon)}.$$

**10.** Điện dung: $C = \dfrac{\varepsilon.S}{9.19^9.4\pi.d} = \dfrac{1.20.10^{-4}}{9.10^9.4.3{,}14.0{,}004} = 4{,}42.10^{-12}$ F.

Năng lượng của tụ điện: $W = \dfrac{CU^2}{2} = \dfrac{4{,}42.10^{-12}.200^2}{2} = 8{,}84.10^{-8}$ J.

Thể tích giữa hai bản tụ: $V = S.d = 20.10^{-4}.4.10^{-3} = 8.10^{-6}$ m³.

Mật độ năng lượng điện trường: $w = \dfrac{W}{V} = \dfrac{8{,}84.10^{-8}}{8.10^{-6}} = 1{,}1.10^{-2}$ J/m³.

# Chương 2. NHỮNG ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

## § 9-10. DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI. NGUỒN ĐIỆN. MỘT SỐ LOẠI NGUỒN ĐIỆN

### A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

**1. Dòng điện. Các tác dụng của dòng điện**

***a) Dòng điện***

- Dòng điện là dòng các điện tích dịch chuyển có hướng.

- Quy ước: Chiều dòng điện là chiều dịch chuyển của các điện tích dương.

***b) Các tác dụng của dòng điện***

Tác dụng đặc trưng của dòng điện là tác dụng từ.

Tuỳ theo môi trường mà dòng điện còn có thể có tác dụng nhiệt và tác dụng hoá học. Các tác dụng này dẫn tới tác dụng sinh lí và các tác dụng khác.

**2. Cường độ dòng điện**

- Cường độ dòng điện là đại lượng đặc trưng cho tác dung mạnh, yếu của dòng điện một cách định lượng, được đo bằng thương số của điện lượng $\Delta q$ dịch chuyển qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong khoảng thời gian nhỏ $\Delta t$ và khoảng thời gian đó: $I = \dfrac{\Delta q}{\Delta t}$.

- Dòng điện có chiều và cường độ không thay đổi theo thời gian gọi là dòng điện không đổi.

Công thức: $I = \dfrac{q}{t}$. Trong đó q là điện lượng dịch chuyển qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong khoảng thời gian t.

- Trong hệ SI đơn vị cường độ dòng điện là ampe (A).

Ngoài ra còn dùng: 1 mA = $10^{-3}$ ampe; 1 μA = $10^{-6}$ ampe.

- Để đo cường độ dòng điện chạy qua một vật dẫn, người ta mắc nối tiếp ampe kế với vật dẫn.

***Chú ý:***

Khi khảo sát dòng điện trong các môi trường, người ta còn dùng vectơ mật độ dòng điện $\vec{j}$. Đó là một vectơ có chiều là chiều dòng điện và có độ lớn được xác định bằng cường độ dòng điện chạy qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với dòng điện: $j = \dfrac{\Delta I}{\Delta S}$.

Mật độ dòng điện j được tính theo công thức: $j = n_0qu$.

Với $n_0$ là mật độ hạt tải điện; q, u tương ứng là độ lớn của điện tích và vận tốc trung bình của chuyển động có hướng của hạt tải điện.

Có thể viết dưới dạng vectơ : $\vec{j} = n_0q\vec{u}$.

Trong đó q là giá trị đại số của điện tích hạt tải điện.

### 3. Nguồn điện

Nguồn điện là thiết bị để tạo ra hiệu điện thế nhằm duy trì dòng điện trong mạch.

Nguồn điện nào cũng có hai cực, gọi là cực dương (+) và âm (–), luôn được nhiễm điện dương, âm khác nhau; giữa hai cực đó có duy trì một hiệu điện thế. Khi ta nối hai cực của nguồn bằng một vật dẫn, tạo thành mạch kín, thì trong mạch có dòng điện.

### 4. Suất điện động của nguồn điện

Suất điện động của nguồn là đại lượng đo bằng thương số giữa công A của lực lạ làm dịch chuyển điện tích dương q bên trong nguồn điện từ cực âm đến cực dương và điện tích q đó : $\mathcal{E} = \frac{A}{q}$.

Đơn vị của suất điện động là vôn (V).

Mỗi nguồn điện có một suất điện động nhất định, không đổi. Ngoài suất điện động $\mathcal{E}$, nguồn điện còn có một điện trở, gọi là điện trở trong của nguồn điện.

### 5. Một số loại nguồn điện

***a) Pin và ắc quy***

Nguồn điện được chế tạo đầu tiên, sinh ra dòng điện và duy trì khá lâu là pin Vôn-ta.

Các nguồn điện như pin, acquy là nguồn hoá điện.

Acquy là một nguồn điện hoạt động dựa trên phản ứng hoá học thuận nghịch. Suất điện động của acquy thường có giá trị ổn định khoảng 2,1V. Khi suất điện động giảm xuống 1,85V thì ta phải nạp điện lại cho acquy.

Mỗi acquy có một dung lượng xác định. Dung lượng của acquy là điện lượng lớn nhất mà acquy có thể cung cấp được khi nó phát điện.

Dung lượng của acquy được đo bằng ampe.giờ (kí hiệu A.h).

***b) Pin nhiệt điện***

***Cặp nhiệt điện. Dòng nhiệt điện***

Hơ nóng (vào ngọn lửa đèn cồn chẳng hạn) đầu nối A (mối hàn) của hai đoạn dây làm bằng hai kim loại khác nhau (đồng và côngxtantan), ta thấy có dòng điện chạy trong mạch.

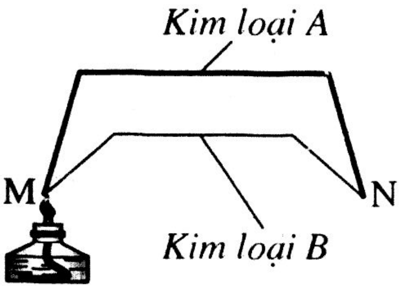
Độ chênh lệch nhiệt độ giữa hai mối hàn A và B tăng thì cường độ dòng điện tăng. Dòng điện này được gọi là dòng nhiệt điện, và dụng cụ có cấu tạo tương tự như trên được gọi là cặp nhiệt điện.

***Suất nhiệt điện động***

Dòng nhiệt điện tạo ra bởi suất nhiệt điện động $E_{nd}$. Khi hiệu nhiệt độ $T_1 - T_2$ giữa hai mối hàn không lớn thì: $E = \beta(T_1 - T_2)$, trong đó hệ số $\beta$ phụ thuộc vào vật liệu làm cặp kim loại.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hiệu điện thế điện hóa là gì? Người ta đã ứng dụng hiệu điện thế điện hóa vào việc chế tạo ra các loại pin như thế nào?
2. Trình bày cấu tạo của pin Lơclăngsê.
3. Trên hình 40 là một thí nghiệm về dòng nhiệt điện: Hơ nóng (vào ngọn lửa đèn cồn chẳng hạn) đầu nối M (mối hàn) của hai đoạn dây làm bằng hai kim loại khác nhau (A và B), ta thấy có dòng điện chạy trong mạch, tức là trong mạch có xuất hiện một suất điện động.
   a) Hãy giải thích sơ lược sự tạo thành suất điện động đó.
   b) Nếu nhiệt độ ở hai mối hàn bằng nhau thì có xuất hiện suất điện động không? Tại sao?



*Hình 40*

4. Hãy nêu cấu tạo và hoạt động của một loại pin quang điện
5. Nhiệt kế điện trở là gì? Nêu mô hình nguyên tắc của một nhiệt kế điện trở.
6. Tính số êlectrôn đi qua tiết diện thẳng của một dây dẫn kim loại trong 1 giây nếu có điện lượng 30 Culông chuyển qua tiết diện đó trong 15 giây.
7. Một dòng điện có cường độ I = 0,4A chạy qua một dây dẫn trong thời gian t = 0,2s. Tính số electrôn chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn trong thời gian đó.

## D. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

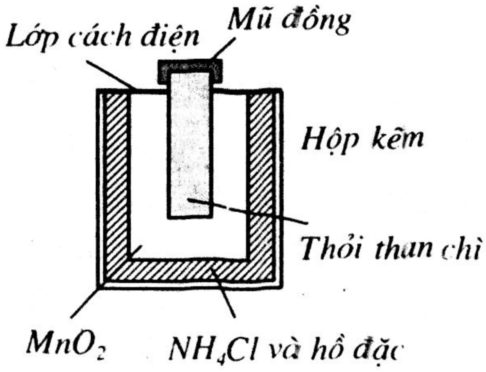
1. Hiệu điện thế điện hoá:

Nếu một kim loại bất kì tiếp xúc với một chất điện phân (dung dịch muối, axit, bazơ), thì trên mặt kim loại và dung dịch điện phân có xuất hiện hai loại điện tích trái dấu nhau. Khi đó, giữa kim loại và dung dịch điện phân có một hiệu điện thế xác định, gọi là hiệu điện thế điện hoá.

Nguyên tắc chế tạo các loại pin:

Khi ta nhúng hai thanh kim loại khác nhau vào dung dịch điện phân, thì do hiệu điện thế điện hoá giữa mỗi thanh và dung dịch điện phân là khác nhau, nên giữa hai thanh đó có một hiệu điện thế xác định. Dựa trên cơ sở đó, người ta chế tạo ra các loại pin.

2. Pin Lơ-clan-sê có cực âm là kẽm, cực dương là một thanh than bao bọc xung quanh bằng một hỗn hợp đã nén chặt, gồm mangan điôxit $MnO_2$ và graphit, để khử cực và tăng độ dẫn điện. Dung dịch điện phân là dung dịch amôni clorua ($NH_4Cl$). Suất điện động của pin khoảng 1,5 V.



*Hình 41*

Để tiện dùng, người ta chế tạo pin Lơ-clan-sê dưới dạng pin khô. Khi đó, dung dịch $NH_4Cl$ được trộn với một loại hồ đặc rồi đóng vào trong một vỏ pin bằng kẽm, vỏ pin này là cực âm (hình 41).

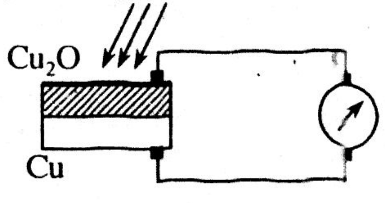
3. a) Khi hai thanh kim loại khác nhau A và B tiếp xúc nhau, do sự khuếch tán hạt tải điện từ thanh nọ sang thanh kia, nên tại chỗ tiếp xúc (mối hàn) sẽ xuất hiện một đầu thanh tích điện dương (thanh A chẳng hạn) và đầu thanh kia (B) tích điện âm. Khi đó giữa hai thanh có một hiệu điện thế xác định gọi là hiệu điện thế tiếp xúc. hiệu điện thế tiếp xúc phụ thuộc vào vật liệu làm hai thanh và vào nhiệt độ ở chỗ tiếp xúc. Nếu cho cả hai đầu của hai thanh tiếp xúc nhau để tạo thành mạch kín thì khi nhiệt độ hai mối hàn khác nhau, ngoài sự khuếch tán trên còn có sự khuếch tán hạt tải điện từ đầu nóng đến đầu lạnh. Kết quả là trong mạch có xuất hiện một suất nhiệt điện động với giá trị phụ thuộc vào hiệu nhiệt độ giữa hai mối hàn.

b) Nếu nhiệt độ ở hai mối hàn bằng nhau thì các hiệu điện thế điện hóa triệt tiêu lẫn nhau, không xuất hiện suất điện động.

4. Pin quang điện là một nguồn điện trong đó quang năng được biến đổi trực tiếp thành điện năng.

Trên hình 42 là sơ đồ cấu tạo của một pin quang điện đơn giản.

Pin có một điện cực bằng đồng, trên đó phủ một lớp đồng oxit $Cu_2O$. Người ta phun một lớp kim loại rất mỏng lên trên mặt của lớp $Cu_2O$ để làm điện cực thứ hai, nó mỏng tới mức cho ánh sáng truyền qua được.



*Hình 42*

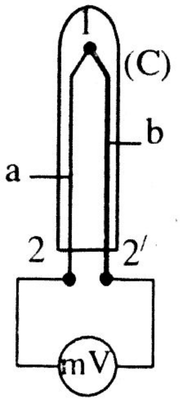
- Ở chỗ tiếp xúc giữa $Cu_2O$ và Cu hình thành một lớp có tác dụng đặc bệt, chỉ cho phép electrôn chạy qua theo chiều từ $Cu_2O$ sang Cu.

- Khi chiếu ánh sáng có bước sóng thích hợp vào mặt lớp $Cu_2O$ thì ánh sáng sẽ giải phóng các electrôn liên kết trong $Cu_2O$ thành electrôn dẫn. Một phần các electrôn này khuyếch tán sang cực Cu. Cực Cu thừa electrôn lên nhiễm điện âm, $Cu_2O$ nhiễm điện dương. Giữa hai cực của pin hình thành một suất điện động. Nếu nối hai cực với nhau bằng một dây dẫn thông qua một điện kế, ta sẽ thấy có dòng điện chạy trong mạch theo chiều từ $Cu_2O$ sang Cu.

**5.** Nhiệt kế nhiệt điện thực chất là cặp nhiệt điện có thể dùng để đo nhiệt độ rất cao cũng như rất thấp (mà ta không thể dùng nhiệt kế thông thường để đo được).

Hình 43 là mô hình nguyên tắc của một nhiệt kế nhiệt điện đo nhiệt độ cao:

Trong ống sứ C có đặt mối hàn 1 của 2 dây kim loại khác nhau (có nhiệt độ nóng chảy cao và có hệ số β đã biết). Các đầu 2 và 2' được giữ ở nhiệt độ không đổi $T_o$ ngoài không khí (khi cần có thể nhúng trong nước đá để hạ thấp nhiệt độ). Dựa vào suất điện động đo được bằng mV, có thể xác định được hiệu nhiệt độ $T - T_o$ tức là xác định được nhiệt độ T.



*Hình 43*

Thông thường, trong cấu tạo thật, thì trên milivôn kế đã ghi sẵn giá trị của nhiệt độ tương ứng.

**6.** Điện lượng qua tiết diện thẳng trong 1 giây: $q = \frac{Q}{t} = \frac{30}{15} = 2C$

Số êlectrôn đi qua tiết diện thẳng của dây dẫn trong 1 giây:

$$n = \frac{q}{|e|} = \frac{2}{1,6.10^{-19}} = 1,25.10^{19} \text{ electrôn}$$

**7.** Ta có: $I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t} \Rightarrow n = \frac{It}{e} = \frac{0,4.0,2}{1,6.10^{-19}} = 5.10^{17}$ electrôn.

# §11. ĐỊNH LUẬT ÔM. SỰ PHỤ THUỘC CỦA ĐIỆN TRỞ VÀO NHIỆT ĐỘ

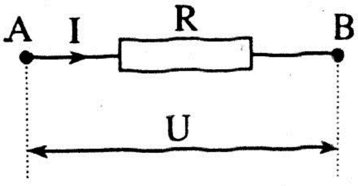
## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Định luật Ôm. Điện trở

***a) Định luật Ôm***

Cường độ dòng điện trong một đoạn mạch tỉ lệ thuận với hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch đó: $I = kU$.

***b) Điện trở***



*Hình 44*

- Đại lượng nghịch đảo của k đặc trưng cho vật dẫn về tính chất cản trở dòng điện, được gọi là điện trở R của vật dẫn.

Khi đó: $I = \frac{U}{R}$ hay $U = IR$.

Với I là cường độ dòng điện. Tích IR được gọi là độ giảm điện thế trên điện trở R. (hình 44)

- Biểu thức xác định điện trở R: $R = \frac{U}{I}$.

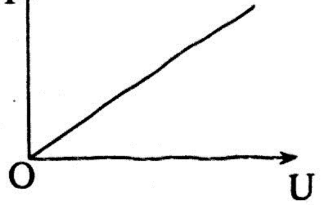
- Đơn vị điện trở trong hệ SI là ôm (Ω).

***c) Điện trở suất***

Ở một nhiệt độ nhất định, điện trở của một đoạn dây dẫn đồng tính có dạng hình trụ, tiết diện S, chiều dài $\ell$, tính bởi: $R = \rho\frac{\ell}{S}$.

Trong đó ρ được gọi là điện trở suất của vật liệu làm dây dẫn ở nhiệt độ đang xét. Đơn vị của ρ là ôm.mét (Ω.m).

***d) Đặc tuyến vôn-ampe***



*Hình 45*

- Đường biểu diễn sự phụ thuộc của cường độ dòng điện I chạy qua vật dẫn vào hiệu điện thế điện thế U đặt vào vật được gọi là đường đặc trưng vôn-ampe (hay đặc tuyến vôn-ampe) của vật dẫn.

- Đối với dây dẫn kim loại, ở nhiệt độ nhất định, đặc tuyến vôn-ampe là đoạn thẳng (hình 45), vì R không phụ thuộc vào hiệu điện thế U.

### 2. Điện trở của vật dẫn phụ thuộc vào nhiệt độ

***a) Sự phụ thuộc của điện trở suất của kim loại vào nhiệt độ***

Hệ thức biểu thị sự phụ thuộc của điện trở suất và điện trở của kim oại vào nhiệt độ: $\rho_t = \rho_0(1+\alpha t)$ và $R_t = R_0(1+\alpha t)$.

Với $\rho_0, \rho_t$ và $R_0$, $R_t$ tương ứng là giá trị số của điện trở suất và điện trở ở $0^0C$ và ở nhiệt độ t. $\alpha$ gọi là hệ số nhiệt của điện trở suất. Đơn vị của $\alpha$ là $K^{-1}$.

### 3. Hiện tượng siêu dẫn

Thực nghiệm chứng tỏ rằng với các vật liệu khác nhau, ở những nhiệt độ rất thấp, điện trở của một số kim loại và hợp kim có giá trị thay đổi theo nhiệt độ một cách đặc biệt: Khi một nhiệt độ hạ xuống dưới một nhiệt độ $T_c$ nào đó, điện trở của kim loại (hay hợp kim) đó giảm đột ngột đến giá trị bằng không. Hiện tượng đó gọi là hiện tượng siêu dẫn. Khi đó, kim loại hoặc hợp kim có tính siêu dẫn. Khi vật dẫn ở trạng thái siêu dẫn, điện trở của nó bằng không.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một sợi dây đồng có điện trở 74Ω ở $50^0C$. Điện trở của sợi dây đó ở $100^0C$ là bao nhiêu?

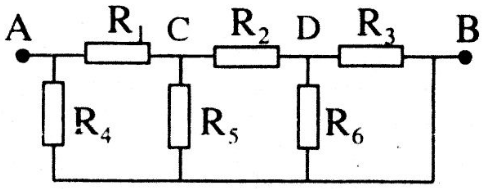
2. Một mạch điện mắc một bóng đèn có điện trở 87Ω và một ampe kế. Điện trở của ampe kế và của các dây nối là 1Ω. Hiệu điện thế giữa hai đầu mạch là U = 220 V. Tìm hiệu điện thế giữa hai đầu bóng đèn.

3. Cho đoạn mạch gồm 2 điện trở $R_1$ và $R_2$ mắc song song. Khi $R_1$ tăng thì điện trở của cả đoạn mạch tăng hay giảm? Giải thích.

4. Có hai loại điện trở $R_1 = 3\Omega$ ; $R_2 = 5\Omega$. Hỏi phải chọn mỗi loại mấy chiếc để khi ghép nối tiếp đoạn mạch có điện trở $R = 55\Omega$.

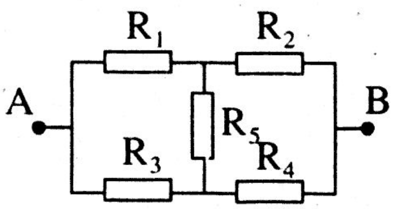
5. Hai điện trở $R_1$ và $R_2$ mắc vào hai điểm A, B có hiệu điện thế 9V. Nếu mắc nối tiếp thì dòng điện qua các điện trở là $I_1 = 1A$, nếu mắc song song thì dòng điện trong mạch chính là $I_2 = 4,5A$. Tìm $R_1$ và $R_2$.

6. Cho một đoạn mạch AB như hình 46.
Cho biết $R_1 = 3,5\Omega$ ; $R_2 = 3\Omega$ ;
$R_3 = R_4 = R_6 = 4\Omega$ ; $R_5 = 5\Omega$.
Tính điện trở đoạn mạch.



*Hình 46*

7. Cho mạch điện như hình 47.
Biết $R_1 = R_4 = 4\Omega$ ; $R_2 = 8\Omega$ ;
$R_3 = 2\Omega$; $R_5 = 10\Omega$.
a) Tính điện trở tương đương của mạch điện.
b) Biết $U_{AB} = 12V$. Tính dòng điện qua các điện trở.



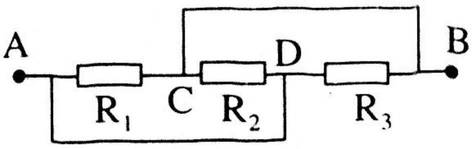
*Hình 47*

8. Cho đoạn mạch gồm n điện trở mắc song song thành n nhánh (n ≥ 2). Các điện trở có trị số là $R_1 = 1\Omega$ ; $R_2 = \frac{1}{2}\Omega$ ; ...$R_n = \frac{1}{n}\Omega$.
Tính điện trở đoạn mạch.

**9.** Cho đoạn mạch điện như hình 48.

Biết $R_1 = R_2 = R_3 = 9\Omega$.

Đặt vào hai đầu đoạn mạch hiệu điện thế $U = 6V$. Tính cường độ dòng điện trong mạch chính.

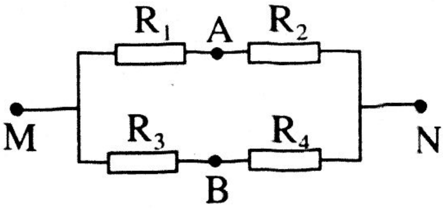


*Hình 48*

**10.** Cho mạch điện như hình 49. Nối hai đầu đoạn mạch với hiệu điện thế $U_{MN} > 0$.

a) Thiết lập công thức tính $U_{AB}$ theo $R_1$, $R_2$, $R_3$, $R_4$ và $U_{MN}$.

b) Chứng minh rằng: Nếu $U_{AB} = 0$ thì: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$



*Hình 49*

**11.** Cho mạch điện như hình 50.

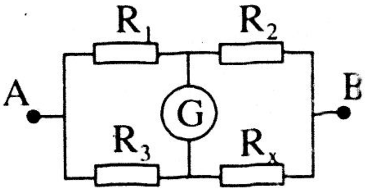
Biết $R_1 = 3\Omega$; $R_2 = 6\Omega$ ; $R_3 = 4\Omega$.

Hiệu điện thế $U_{AB} = 13,5V$.

Điện kế G chỉ số 0.

a) Tính điện trở $R_x$.

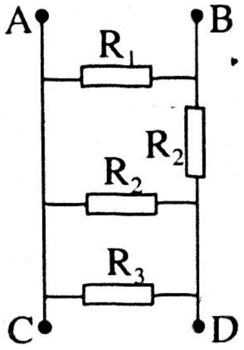
b) Tìm dòng điện qua các điện trở.



*Hình 50*

**12.** Cho mạch điện như hình 51. Nếu đặt vào hai đầu A và B một hiệu điện thế $U_{AB} = 120V$ thì dòng điện qua $R_3$ là $I_3 = 2A$ và hiệu điện thế đo được ở hai đầu C và D là: $U_{CD} = 30V$. Nếu ngược lại, đặt vào hai đầu C và D một hiệu điện thế $U'_{CD} = 120V$ thì hiệu điện thế được trên hai đầu A và B là $U'_{AB} = 20V$.

Tìm các điện trở $R_1$, $R_2$, $R_3$.



*Hình 51*

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** Ở nhiệt độ $t_1 = 50°C$: $R_1 = R_0(1 + 50\alpha)$.

Ở nhiệt độ $t_2 = 100°C$: $R_2 = R_0(1 + 100\alpha)$. Với $\alpha = 4,3.10^{-3}\ K^{-1}$.

Lập tỉ số, ta được: $R_2 = R_1\dfrac{1+\alpha.100}{1+\alpha.50} \approx 87\,\Omega$.

**2.** Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \dfrac{U}{R_Đ + R_A} = \dfrac{220}{87+1} = 2,5\ A$.

Hiệu điện thế giữa hai đầu bóng đèn: $U_đ = IR_đ = 2,5.87 = 217,5V$

**3.** Ta có: $R_{AB} = \dfrac{R_1R_2}{R_1 + R_2} \Leftrightarrow R_{AB} = \dfrac{R_2}{1 + \dfrac{R_2}{R_1}}$. Theo biểu thức trên, rõ ràng nếu $R_1$ tăng thì điện trở $R_1$ tăng.

**4.** Gọi số điện trở mỗi loại 3Ω là x và loại 5Ω là y.

Ta có: $3x + 5y = 55 \Rightarrow y = \dfrac{55 - 3x}{5}$ hay $y = 11 - \dfrac{3x}{5}$.

Nếu đặt $x = 5t$, thì ta có : $y = 11 - 3t$

x và y là số lượng điện trở nên phải là số nguyên dương hoặc bằng 0. x, y không âm $\Rightarrow x = 5t \geq 0 \Rightarrow t \geq 0$ và $y = 11 - 3t \geq 0 \Rightarrow t \leq \dfrac{11}{3}$.

x, y không âm khi $0 \leq t \leq \dfrac{11}{3}$.

Điều kiện để x, y nguyên cho phép ta chọn t = 0, 1, 2, 3.

Vậy, có 4 phương án: (x = 0; y = 11); (x = 5; y = 8);
(x = 10; y = 5); (x = 15; y = 2).

**5.** Khi mắc nối tiếp: $R_1 + R_2 = \dfrac{U}{I_1} = 9\Omega$. (1)

Khi mắc song song $\dfrac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = \dfrac{U}{I_2} = 2\Omega \Rightarrow R_1R_2 = 18\Omega$ (2)

Từ (1) và (2) $\Rightarrow R_1 = 6\Omega$ ; $R_2 = 3\Omega$ hoặc $R_1 = 3\Omega$ ; $R_2 = 6\Omega$.

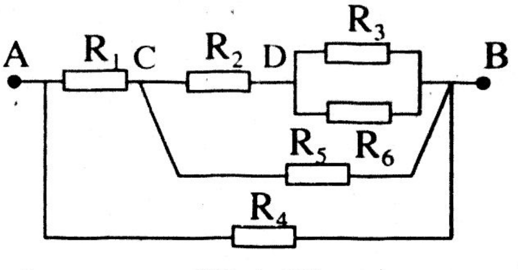
**6.** Theo nguyên tắc các điểm có cùng điện thế thì chập lại, có thể vẽ lại mạch như hình 52. Ta có:

$R_{36} = \dfrac{R_3R_6}{R_3 + R_6} = 2\Omega$.

$R_{236} = R_2 + R_{36} = 5\Omega$.

$R_{CB} = \dfrac{R_5R_{236}}{R_5 + R_{236}} = 2,5\Omega$.

$R_{AB} = \dfrac{(R_1 + R_{CB})R_4}{R_1 + R_{CB} + R_4} = 2,4\Omega$.



*Hình 52*

**7.** a) Nhận xét: Vì $\dfrac{R_1}{R_2} = \dfrac{R_3}{R_4}$ nên mạch điện là mạch cầu cân bằng. Dòng điện qua $R_5$ bằng 0 nên mạch chỉ gồm ($R_1$ nt $R_2$) // ($R_3$ nt $R_4$)

Ta có: $R_1 + R_2 = 12\Omega$ ; $R_3 + R_4 = 6\Omega \Rightarrow R_{td} = \dfrac{12.6}{12+6} = 4\Omega$.

b) Dòng điện qua $R_1$ và $R_2$: $I_1 = I_2 = \dfrac{U}{R_{12}} = 1A$.

Dòng điện qua $R_3$ và $R_4$: $I_3 = I_4 = \dfrac{U}{R_{34}} = 2A$.

**8.** Ta có: $\dfrac{1}{R_{AB}} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + ... + \dfrac{1}{R_n}$

hay $\dfrac{1}{R_{AB}} = 1 + 2 + ... + n = \dfrac{n(n+1)}{2} \Rightarrow R_{AB} = \dfrac{2}{n(n+1)}$

**9.** Các điểm A và D; C và B cùng điện thế nên có thể chập lại. Mạch điện gồm 3 điện trở mắc song song. Ta có $R_{AB} = \dfrac{R_1}{3} = 3\Omega$.

Cường độ dòng điện trong mạch chính: $I = \dfrac{U}{R_{AB}} = 2A$.

**10.** a) Áp dụng định luật ôm ta được: $I_1 = \dfrac{U_{MN}}{R_1 + R_2}$ và $I_2 = \dfrac{U_{MN}}{R_3 + R_4}$

Hiệu điện thế: $U_{AB} = U_{AN} + U_{NB} = U_{AN} - U_{BN}$

Với : $U_{AN} = I_1.R_2 = \dfrac{R_2}{R_1 + R_2}.U_{MN}$ ; $U_{BN} = I_2.R_4 = \dfrac{R_4}{R_3 + R_4}.U_{MN}$

$$\Rightarrow U_{AB} = U_{MN}\left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4}\right]$$

b) Khi $U_{AB} = 0$ (Với $U_{MN} > 0$) thì:

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \Leftrightarrow \frac{R_1 + R_2}{R_2} = \frac{R_3 + R_4}{R_4} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

**11.** a) Vì điện kế G chỉ số 0 nên mạch điện là mạch cầu cân bằng.

Khi đó $\dfrac{R_1}{R_3} = \dfrac{R_2}{R_x} \Rightarrow R_x = R_2\dfrac{R_3}{R_1} = 8\Omega$.

b) Các dòng điện:

$I_1 = I_2 = \dfrac{U_{AB}}{R_1 + R_2} = 1,5A$ ; $I_3 = I_x = \dfrac{U_{AB}}{R_3 + R_x} = 1,125A$.

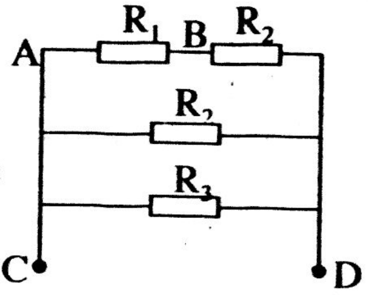
**12.** Ta có: $R_3 = \frac{U_{CD}}{I_3} = \frac{30}{2} = 15\,\Omega$.

Hiệu điện thế hai đầu D và B: $U_{DB} = U_{AB} - U_{CD} = 120 - 30 = 90V$

Mặt khác: $R_{CD} = \frac{R_2.R_3}{R_2 + R_3} = \frac{15R_2}{R_2 + 15}$ và $R_{DB} = R_2$.

$R_{CD}$ và $R_{DB}$ mắc nối tiếp nên: $\frac{R_{CD}}{R_{DB}} = \frac{U_{CD}}{U_{DB}}$

Từ đó suy ra: $\frac{15R_2}{R_2(15 + R_2)} = \frac{1}{3} \Rightarrow R_2 = 30\Omega$.



*Hình 53*

Khi đặt hiệu điện thế vào hai đầu C, D mạch điện như hình 53.

Ta có: $U_{BD} = U'_{CD} - U'_{AB} = 120 - 20 = 100V$

$I_2 = \frac{U_{BM}}{R_2} = \frac{100}{30} = \frac{10}{3}A \Rightarrow R_1 = \frac{U'_{AB}}{I_2} = \frac{20}{\frac{10}{3}} = 6\Omega.$

Vậy: $R_1 = 6\Omega$ ; $R_2 = 30\Omega$ và $R_3 = 15\Omega$.

## §12-13. ĐIỆN NĂNG. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT ĐIỆN. ĐỊNH LUẬT JUN-LENXƠ. BÀI TẬP

### A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

**1. Công và công suất của dòng điện ở một đoạn mạch**

Công suất của dòng điện trong một đoạn mạch bằng tích của hiệu điện thế U giữa hai đầu đoạn mạch với cường độ dòng điện I trong đoạn mạch: $P = UI$.

Công của dòng điện sản ra trên đoạn mạch: $A = Pt = UIt$ .

**2. Định luật Jun - Len-xơ**

Nhiệt lượng toả ra trên một vật dẫn tỉ lệ thuận với điện trở của vật, với bình phương cường độ dòng điện và với thời gian dòng điện chạy qua vật.

Biểu thức: $Q = RI^2t$.

**3. Công và công suất của nguồn điện**

***a) Công và công suất của nguồn điện***

Công của nguồn điện tính bởi: $A = qE = EIt$.

Công suất của nguồn điện là: $P = EI$ .

Công và công suất của nguồn điện bằng điện năng và công suất điện sản ra trong toàn mạch.

***b) Hiệu suất của nguồn điện***

Một nguồn điện có suất điện động E và điện trở trong r, tạo ra dòng điện I chạy trong mạch điện. Hiệu suất: $H_{nguồn} = 1 - \frac{r}{E}I$.

**4. Công suất của các dụng cụ tiêu thụ điện**

***a) Công suất của dụng cụ toả nhiệt***

Điện năng tiêu thụ của dụng cụ toả nhiệt: $A = UIt = RI^2t = \frac{U^2}{R}t$

Công suất của dụng cụ toả nhiệt: $P = \frac{A}{t} = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$.

***b) Suất phản điện của máy thu điện***

Trong máy thu điện, chỉ có một phần $Q'$ của điện năng A cung cấp cho máy chuyển hoá thành nhiệt ở điện trở $r'$ của máy : $Q' = r'I^2t$.

Phần điện năng còn lại $A'$ được chuyển hoá thành các dạng năng lượng có ích khác: $A' = E'q$ .

Trong đó $E'$ là gọi là suất phản điện của máy thu điện: $E' = \frac{A'}{q}$.

Suất phản điện có đơn vị là vôn. Trong trường hợp máy thu điện là nguồn điện đang được nạp điện, thì suất phản điện có trị số bằng suất điện động của nguồn lúc phát điện.

***c) Điện năng và công suất tiêu thụ của máy thu điện***

Công tổng cộng A mà dòng điện thực hiện ở máy thu điện bằng :

$$A = A' + Q' = E'It + r'I^2t = UIt$$

Công suất của máy thu điện: $P = \frac{A}{t} = E'I + r'I^2$.

Trong đó $P' = E'I$ là công suất có ích của máy thu điện.

***d) Hiệu suất của máy thu điện***

Công thức tính hiệu suất của máy thu điện: $H = 1 - \frac{r'}{U}I$.

***e) Chú ý***

Trên các dụng cụ tiêu thụ điện người ta thường ghi hai chỉ số là công suất định mức $P_đ$ và hiệu điện thế định mức $U_đ$. Khi hiệu điện thế đặt vào dụng cụ có giá trị đúng bằng chỉ số $U_đ$, thì công suất tiêu thụ của dụng cụ đúng bằng $P_đ$ và dòng điện chạy qua dụng cụ có cường độ định mức là $I_đ = \frac{P_đ}{U_đ}$.

### 5. Đo công suất và điện năng tiêu thụ

Trong kĩ thuật, để đo công suất người ta dùng oat kế. Để đo công suất dòng điện tức là điện năng tiêu thụ, người ta dùng máy đếm điện năng hay công tơ điện.

Điện năng tiêu thụ thường tính ra kilôoat.giờ: 1kW.h = 3600000 J

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

**1.** Hai bóng đèn có công suất định mức lần lượt là 25W và 100W đều làm việc bình thường ở hiệu điện thế 110V. Hỏi:

a) Cường độ dòng điện qua bóng đèn nào lớn hơn?

b) Điện trở của bóng đèn nào lớn hơn?

c) Có thể mắc nối tiếp hai bóng đèn này vào mạng điện có hiệu điện thế 220 V được không ? Đèn nào sẽ dễ hỏng (cháy)?

**2.** Hai bóng đèn có các hiệu điện thế định mức lần lượt là $U_1$ = 100 V và $U_2$ = 220 V. Tìm tỉ số các điện trở của chúng nếu công suất định mức của hai bóng đèn đó bằng nhau.

**3.** Để bóng đèn 120V-60W sáng bình thường ở mạng điện có hiệu điện thế là 220V người ta mắc nối tiếp với một điện trở phụ R. Tìm R.

**4.** Một bếp điện gồm hai dây xoắn lò xo giống nhau có thể mắc nối tiếp hoặc song song.

a) Tính điện trở của bếp trong hai trường hợp trên. Cho biết mỗi dây dài 4m, tiết diện 0,1mm$^2$, điện trở suất của dây là: 1,1 .10$^{-6}$ Ω.m.

b) Hãy so sánh nhiệt lượng tỏa ra trong cùng một thời gian, khi mắc các dây xoắc theo hai cách khác nhau đó.

**5.** Một trạm phát điện, phát đi công suất P = 50KW và hiệu điện thế U = 500V. Công suất tiêu hao trên đường dây tải điện bằng 20% công suất phát. Tính điện trở dây tải điện; Hiệu điện thế U' ở nơi tiêu thụ.

**6.** Có 3 bóng đèn điện trên mỗi bóng có ghi kí hiệu Đ1: 110V-50W;

Đ2: 110V-50W; Đ3: 110V-1000W. Mạng điện thành phố có hiệu điện thế là 120V. Phải mắc các bóng đèn như thế nào để tận dụng được tối đa công suất.

**7.** Có hai bóng đèn 12V-0,6A và 12V-0,3A.

a) Có thể mắc hai bóng đó nối tiếp với nhau rồi mắc vào hai điểm có hiệu điện thế 24 vôn được không? Vì sao?

b) Để các bóng trên sáng bình thường cần phải mắc như thế nào?

c) Tính điện năng của hai bóng đèn trên tiêu thụ trong 30 phút.

**8.** Dùng bếp điện công suất P = 600W, hiệu suất h = 89% để đun 1,5 lít nước từ nhiệt độ ban đầu $t_1 = 20^0$C. Hỏi sau bao lâu nước sẽ sôi? Cho biết nhiệt dung riêng của nước là c = 4,18kJ/kg.độ.

**9.** Một điện kế có $R_g = 20\Omega$, 100 độ chia mỗi độ có giá trị 0,06mA.

a) Điện kế này chịu được dòng lớn nhất là bao nhiêu?

b) Mắc sơn $R_{S1} = 1\Omega$ để biến điện kế thành ampe kế $A_1$. Hỏi ampe kế này đo được dòng lớn nhất là bao nhiêu?

c) Muốn đo dòng điện lớn nhất là 1A phải mắc thêm sơn $R_{S2}$ lớn nhất là bao nhiêu?

**10.** Một vôn kế có ghi độ tới 120V, điện trở $R_V = 12000\Omega$.

a) Nếu mắc vôn kế nối tiếp với điện trở phụ $R_p = 24000\Omega$ thì vôn kế đo được hiệu điện thế lớn nhất là bao nhiêu?

b) Muốn đo hiệu điện thế lớn nhất là 720V phải mắc thêm điện trở phụ $R_p$ bằng bao nhiêu?

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** a) Cường độ dòng điện qua các bóng đèn:

$$I_{đ_1} = \frac{P_1}{U_1} = \frac{25}{110} = 0{,}227\,A\ ;\ I_{đ_2} = \frac{P_2}{U_2} = \frac{100}{110} = 0{,}91\,A$$

Nhận xét: $I_{d2} > U_{d1}$.

b) Điện trở của các đèn:

$$R_{d_1} = \frac{U^2}{P_1} = \frac{110^2}{25} = 484\Omega \ ; \ R_{d_2} = \frac{U^2}{P_2} = \frac{110^2}{100} = 121\Omega \ ;$$

Rõ ràng: $R_{d2} < R_{d1}$.

c) Khi mắc nối tiếp hai đèn: $I_1 = I_2 = \dfrac{U}{R_1 + R_2} = 0{,}36 \text{ A}$.

Nhận xét: $I_1 > I_{d_1}$ : Đèn 1 mau hỏng (vì sáng quá mức bình thường).

$I_2 < I_{d_2}$ : Đèn 2 kém sáng.

2. Nếu $P_1 = P_2$ thì $\dfrac{R_2}{R_1} = \left(\dfrac{U_2}{U_1}\right)^2 = 4$.

3. Cường độ định mức và điện trở của đèn: $I_{dm} = 0{,}5 \text{ A}$ ; $R_d = 240\ \Omega$.
Ta phải có: $(R_d + R)I_{dm}$. Suy ra $R = 200\ \Omega$.

4. a) Điện trở mỗi dây xoắn: $R = R = \rho\dfrac{\ell}{S} = \dfrac{1{,}1.10^{-6}.4}{1.10^{-7}} = 44\Omega$

Khi hai dây mắc nối tiếp: $R_1 = 2R = 88\Omega$.

Khi hai dây mắc song song: $R_2 = \dfrac{R}{2} = 22\Omega$.

b) Vì hiệu điện thế đặt vào bếp là không đổi nên:

- Khi mắc nối tiếp hai dây xoắn: $Q_1 = I_1^2.R_1.t = \dfrac{U^2}{R_1.t}$ (1)

- Khi mắc song song hai dây xoắn: $Q_2 = I_2^2.R_2.t = \dfrac{U^2}{R_2}.t$ (2)

Lập tỉ số $\dfrac{(2)}{(1)}$, ta được $\dfrac{Q_2}{Q_1} = 4$.

Vậy khi mắc song song nhiệt lượng tỏa ra lớn hơn 4 lần.

5. Từ công thức: $P = U.I \Rightarrow I = \dfrac{P}{U} = \dfrac{5000}{500} = 100\text{A}$.

Gọi R là điện trở trên đường dây tải điện; P' là công suất tiêu hao trên đường dây: $P' = \dfrac{20}{100}.P = \dfrac{20}{100}.50000 = 10000\text{W}$

Mặt khác: $P' = I^2R \Rightarrow R = \frac{P'}{I^2} = \frac{10000}{100^2} = 1\Omega$

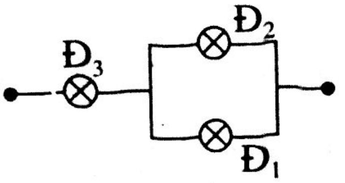
Hiệu điện thế ở nơi tiêu thụ: $U' = U - I.R = 500 - 100.1 = 400V$.

**6.** Điện trở các bóng đèn: $R_1 = R_2 = \frac{U^2{}_1}{P_1} = 242\Omega$ ; $R_3 = \frac{U^2{}_3}{P_3} = 21\Omega$.

Nhận xét : $R_1 = R_2 = 2R_3$

Nếu mắc hai bóng đèn $Đ_1$ và $Đ_2$ sóng song thì điện trở tương đương của chúng là :

$R = \frac{R_1}{2} = \frac{R_2}{2} = R_3$. Mắc theo sơ đồ hình 54.



*Hình 54*

**7.** a) Khi mắc hai bóng đèn nối tiếp nhau thì hiệu điện thế đặt vào hai đầu mỗi đèn phụ thuộc vào điện trở của mỗi đèn: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$.

Điện trở các đèn: $R_1 = \frac{U_1}{I_1} = 20\Omega$ ; $R_2 = \frac{U_2}{I_2} = 40\Omega$.

Suy được: $\frac{U_1}{U_1 + U_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \Rightarrow U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2}.(U_1 + U_2)$

Với $U_1 + U_2 = U$ thì : $U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2}.U$

Hay $U_1 = \frac{20}{20 + 40}.24 = 8V$ ; $U_2 = U - U_1 = 24 - 8 = 16V$.

Như vậy bóng đèn 1 sáng mờ còn bóng đèn 2 sáng hơn mức bình thường và có thể cháy. Vậy không nên mắc nối tiếp.

b) Để các bóng đèn sáng bình thường, cần phải mắc chúng vào mạch có hiệu điện thế đúng bằng hiệu điện thế định mức của đèn. Tức là phải mắc hai bóng song song với nhau rồi mắc vào mạng điện 12 V.

c) Giả sử công của dòng điện biến hoàn toàn thành nhiệt:

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = P.t = U.I.t$$

Điện năng mỗi bóng tiêu thụ trong 30 phút:

$$Q_1 = U_1 I_1 t = 12960 J ; Q_2 = U_2 I_2 t = 6480 J.$$

Điện năng tiêu thụ tổng cộng: $Q = Q_1 + Q_2 = 19440 J$.

**8.** Muốn đun sôi 1,5 lít nước từ $20^0C$ cần nhiệt lượng:

$$Q = cm(t_2 - t_1)\ 4{,}18.1{,}5(100 - 20) = 501600J.$$

Vì h = 80% nên: $P_i = \frac{80}{100}P = \frac{80}{100}.600 = 480W$.

Thời gian cần đun: $t = \frac{Q}{Pi} = \frac{501600}{480} = 1045s = 17$phút 25 giây.

**9.** a) Dòng lớn nhất mà điện kế chịu được là: Ig = 0,06mA.100 = 6mA

b) Dòng lớn nhất mà ampe kế $A_1$ đo được:

$$I_1 = I_g\left(1 + \frac{R_g}{R_{S1}}\right) = 6\left(1 + \frac{20}{1}\right) = 126mA.$$

Khả năng đo tăng $1 + \frac{R_g}{R_{S1}} = 21$ lần. Vì vậy giá trị mỗi độ chia tăng 21 lần, do đó độ nhạy giảm 21 lần.

c) Điện trở của ampe kế $A_1$ là : $R_1 = \frac{R_g R_{S1}}{R_g + R_{S1}} = \frac{20.1}{20+1} = \frac{20}{21}\Omega$

Muốn đo dòng điện $I > I_1$ phải mắc thêm sơn $R_{S2}$ có trị số lớn nhất:

$$R_{S2} = \frac{R_1.I_1}{I - I_1} = \frac{\frac{20}{21}.126}{1000 - 126} \approx 0,13\Omega.$$

**10.** a) Sau khi mắc điện trở phụ $R_p$ vôn kế có thể đo được hiệu điện thế lớn nhất $U_1$. Ta có:

$$U_1 = U_V + \frac{U_V}{R_V}.R_p = U_V\left(1 + \frac{R_p}{R_V}\right)\ 120\left(1 + \frac{24}{12}\right)v = 360V$$

b) Muốn đo hiệu điện thế lớn nhất là $U_2 = 720V$, phải mắc thêm điện trở phụ $R_p$ thoả mãn điều kiện: $\frac{R_p}{R_V + R_p} = \frac{U_2 - U_1}{U_1} = \left(\frac{U_2}{U_1} - 1\right)$

$$R'_p = (R_V + R_p)\left(\frac{U_2}{U_1} - 1\right) = (12 + 24)\left(\frac{723}{360} - 1\right) = 36000\Omega.$$

# §14-15. ĐỊNH LUẬT ÔM ĐỐI VỚI CÁC LOẠI MẠCH ĐIỆN

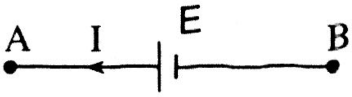
## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Định luật Ôm đối với đoạn mạch có chứa nguồn điện

Xét đoạn mạch có chứa nguồn điện như hình hình 55.

Ta có: $U_{AB} = \mathcal{E} - rI$

hay $I = \dfrac{\mathcal{E} - U_{AB}}{r} = \dfrac{U_{BA} + \mathcal{E}}{r}$.

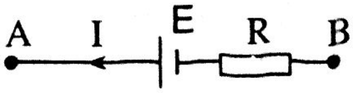


*Hình 55*

Nếu trên đoạn mạch AB còn có thêm điện trở R (hình 56) thì các hệ thức trên trở thành:

$$U_{AB} = V_A - V_B = \mathcal{E} - (r + R)I$$

$$\Rightarrow\ I = \frac{\mathcal{E} - U_{AB}}{R + r} = \frac{U_{AB} + \mathcal{E}}{R + r}$$

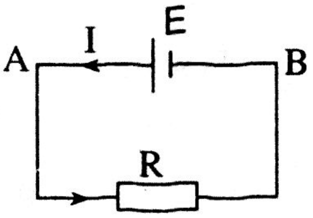


*Hình 56*

### 2. Định luật Ôm cho toàn mạch

Xét mạch điện kín gồm nguồn điện ($\mathcal{E}$,r) và điện trở ngoài R (hình 57). Định luật Ôm viết là:

$$\mathcal{E} = I(R + r) \text{ hay } I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}.$$



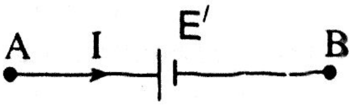
*Hình 57*

- Nếu điện trở mạch ngoài nhỏ không đáng kể: $I_{dm} = \dfrac{\mathcal{E}}{r}$. Ta nói rằng, nguồn điện bị đoản mạch (hay ngắn mạch).

### 3. Định luật Ôm đối với đoạn mạch chứa máy thu điện

Xét đoạn mạch điện chỉ có máy thu điện như hình 58. Ta có hệ thức:

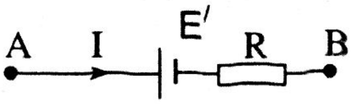
$$U_{AB} = \mathcal{E}' + r'I \text{ hay } I = \frac{U_{AB} - \mathcal{E}'}{r'}.$$



*Hình 58*

Nếu đoạn mạch AB còn có thêm điện trở R (hình 59), thì: $U_{AB} = \mathcal{E}' + (r' + R)I$

$$\text{hay } I = \frac{U_{AB} - \mathcal{E}'}{r' + R}$$



*Hình 59*

### 4. Hệ thức tổng quát đối với các loại đoạn mạch

Hệ thức tổng quát: $V_A - V_B = (R + r)I_{AB} - \mathcal{E}$.

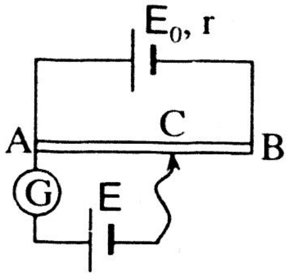
Trong đó $\mathcal{E}$ là đại lượng đại số: $\mathcal{E} > 0$ pin (acquy) đóng vai trò nguồn điện, và $\mathcal{E} < 0$ khi pin (acquy) đóng vai trò máy thu điện.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

**1.** Một acquy được nạp điện với cường độ dòng điện nạp là 3A và hiệu điện thế đặt vào hai cực của acquy là 12V. Xác định điện trở trong của acquy, biết suất phản điện của acquy khi nạp điện là 6V.

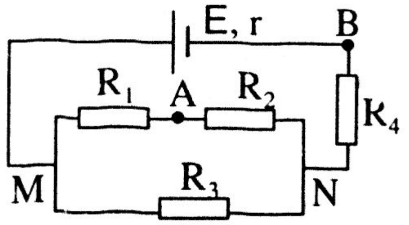
**2.** Một acquy có suất điện động $E_0$ = 12v và điện trở trong $r_0$ = 1Ω mắc vào mạch cùng với một pin có suất điện động E như hình 60. AB là thanh điện trở đồng chất thiết diện đều, điện trở $R_{AB}$ = 23Ω, chiều dài AB = 115cm.

Dịch chuyển con chạy C người ta tìm được một vị trí A một khoảng AC = 15cm sao cho kim điện kế chỉ số 0. Tính suất điện động của pin.

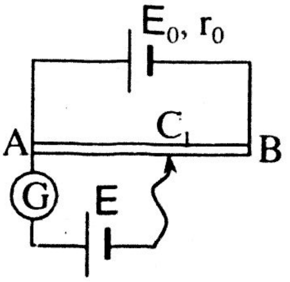


*Hình 60*

**3.** Cho mạch điện như hình 61. Nguồn có suất điện động E = 1,2V; điện trở trong r = 0,1Ω. Các điện trở $R_1 = R_3$ = 2Ω; $R_2$ = 4Ω; $R_4$ = 4Ω. Tính hiệu điện thế giữa hai bản điểm A và B.



*Hình 61*



*Hình 62*

**4.** Để đo suất điện động E của một chiếc pin người ta mắc nó vào mạch điện như hình 62. Pin mẫu có suất điện động $E_0$ và điện trở trong $r_0$. AB là dây điện trở đồng chất tiết diện đều. Đặt con chạy ở vị trí cách A một khoảng $AC_1$ = 60cm thì kim điện kế chỉ số 0.

Bỏ pin E và thay bằng pin khác có suất điện động $E_1$ = 1v, đồng thời dịch chuyển con chạy C tới vị trí mới $C_2$ sao cho $AC_2$ = 40cm người ta lại thấy điện kế chỉ số 0. Tính suất điện động E của pin.

**5.** Cho mạch điện như hình 63.

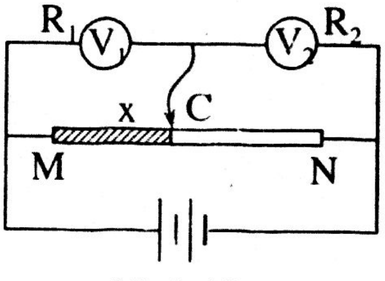
Các vôn kế có điện trở là:

$R_1$ = 3000Ω, $R_2$ = 2000Ω.

Số chỉ của các vôn kế là $U_1$ và $U_2$. Điện trở $R_{MN}$ = 8000Ω.

a) Phải đặt con chạy c ở đâu để $U_1 = 2U_2$

b) Phải đặt con chạy c ở đâu để $U_1 > U_2$



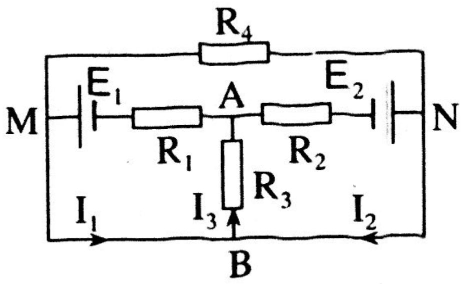
*Hình 63*

**6.** Cho mạch điện như hình 64.

Cho $E_1 = 1,5V$; $E_2 = 1,8V$;

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1000\Omega$.

Các nguồn điện có điện trở trong không đáng kể. Tính dòng qua các $R_1$, $R_2$, $R_3$, $R_4$.

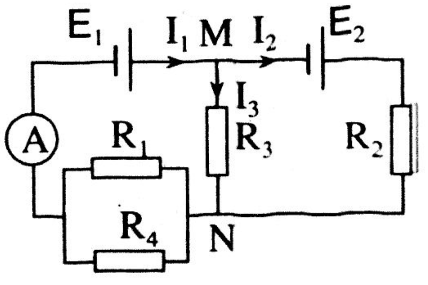


*Hình 64*

**7.** Cho mạch điện có sơ đồ như hình 65.

$E_1 = 24V$; $R_1 = R_3 = 20\Omega$ ;

$R_2 = 15\Omega$; $R_4 = 30\Omega$; $R_A = 0$. Ampe kế chỉ 1,5A. Điện trở trong của các nguồn không đáng kể. Tính suất điện động $E_2$ và cường độ dòng điện qua $R_2$ và $R_3$.

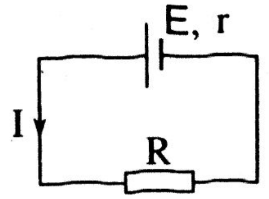


*Hình 65*

**8.** Cho mạch điện như hình 66. Chứng minh:

a) Công suất mạch ngoài cực đại là $P_{max} = \dfrac{E^2}{4r}$.

b) Nếu hai điện trở ngoài là $R_1$ và $R_2$ lần lượt mắc vào mạch và cùng ứng với một công suất mạch ngoài P thì $R_1R_2 = r^2$.



*Hình 66*

**9.** Nguồn điện có suất điện động $E = 1,2V$, điện trở trong $r = 1\Omega$.

a) Phải chọn điện trở mạch ngoài bằng bao nhiêu để công suất mạch ngoài cực đại? Tính công suất và hiệu suất nguồn điện lúc đó.

b) Nếu công suất mạch ngoài là $P = 0,32W$. Tính điện trở mạch ngoài..

**10.** Hai acquy có suất điện động là $E_1 = E_2 = E_0$, điện trở trong là $r_1$ và $r_2$. Acquy thứ nhất ($E_1$) có thể cung cấp công suất mạch ngoài cực đại là $P_1 = 20W$. Acquy thứ hai có thể cung cấp công suất mạch ngoài cực đại là $P_2 = 30W$. Tính công suất mạch ngoài cực đại do bộ hai acquy cung cấp trong hai trường hợp :

a) Hai acquy ghép nối tiếp

b) Hai acquy ghép song song

**11.** Cho mạch điện kín gồm nguồn điện có $E = 28V$, $r = 2\Omega$ và điện trở mạch ngoài $R = 5\Omega$ nối tiếp.

a) Tính công suất tiêu thụ ở mạch ngoài.

b) Tính công suất tiêu hao trong nguồn, công suất của nguồn và hiệu suất của nguồn.

c) Mắc thêm điện trở $R_x$ song song với R người ta thấy công suất mạch ngoài không thay đổi. Tính $R_x$.

**12.** Bộ nguồn có suất điện động E = 18V, điện trở trong r = 6. Mạch ngoài gồm 4 bóng đèn loại 6V-3W.

a) Tìm những cách mắc để bóng đèn sáng bình thường.

b) Trong các cách mắc đó cách nào có lợi hơn?

**13.** Nguồn điện có suất điện động E = 24V, điện trở trong r = 6Ω.

a) Có thể mắc tối đa mấy bóng đèn loại 6V-3W để các bóng sáng bình thường?

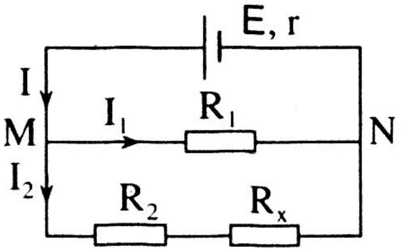
b) Nếu chỉ có 6 bóng 6V-3W thì phải mắc thế nào để các bóng sáng bình thường? Trong các cách mắc đó cách nào có lợi hơn?

**14.** Cho mạch điện như hình 67. Nguồn điện có suất điện động E = 12V, điện trở trong r = 2Ω.

Các điện trở $R_1 = 4\Omega$; $R_2 = 2\Omega$.

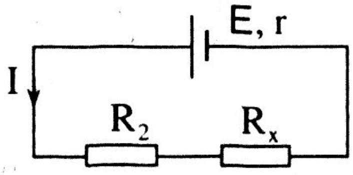
a) Tính $R_x$ để công suất tiêu thụ ở mạch ngoài là cực đại. Tìm công suất đó.

b) Tính $R_x$ để công suất tiêu thụ trên điện trở này cực đại ? Tìm công suất đó.



*(Hình 67)*

**15.** Cho mạch điện như hình 68. Nguồn điện có suất điện động E = 12V, điện trở trong r = 0,1Ω. Điện trở $R_1 = 1{,}1\Omega$. Tìm $R_x$ để công suất tiêu thụ trên điện trở này cực đại? Tính công suất đó.



*(Hình 68)*

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** Khi sử dụng acquy như một nguồn điện, suất điện động của nguồn bằng suất phản điện của nó khi nạp điện.

Ta có: $U = E' + r'I \rightarrow r' = \dfrac{U - E}{I} = \dfrac{12-6}{3} = 2\,\Omega.$

**2.** Kim điện kế chỉ số 0 nghĩa là dòng điện không qua pin E, do đó hiệu điện thế $U_{AC} = E$.

Theo định luật Ôm ta có: $U_{AC} = IR_{AC} = \dfrac{E_0}{R_{AB} + r_0}.R_{AC}$

Vì thanh AB đồng chất có thiết diện đều nên điện trở của đoạn AC tỉ lệ với chiều dài của đoạn này: $R_{AC} = \dfrac{R_{AB}}{AB}.AC$

Từ đó: $U_{AC} = \dfrac{E_0}{R_{AB} + r_0}.\dfrac{R_{AB}}{AB}.AC = \dfrac{12}{23+1}.\dfrac{23}{115}.15V = 1{,}5V$

**3.** Ta có: $U_{AB} = U_{AN} + U_{NB}$

Điện trở đoạn MN: $R_{MN} = \dfrac{(R_1 + R_2)R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \dfrac{(2+4).2}{2+4+2} = 1{,}5\Omega.$

Dòng điện mạch chính: $I = \dfrac{E}{R_{MN} + R_4 + r} = \dfrac{1{,}2}{1{,}5 + 4{,}4 + 0{,}1} = 0{,}2A.$

Hiệu điện thế giữa M và N: $U_{MN} = IR_{MN} = 0{,}2.1{,}5 = 0{,}3V$

Cường độ dòng qua $R_2$: $I_2 = \dfrac{U_{MN}}{R_1 + R_2} = \dfrac{0{,}3}{2+4} = 0{,}05A.$

Hiệu điện thế giữa A và N: $U_{AN} = I_2R_2 = 0{,}05.4 = 0{,}2V.$

Hiệu điện thế giữa N và B: $U_{NB} = IR_4 = 0{,}2.4{,}4 = 0{,}88V.$

Hiệu điện thế giữa A và B là:

$$U_{AB} = U_{AN} + U_{NB} = 0{,}2V + 0{,}88V = 1{,}08V$$

**4.** Kim điện kế chỉ số 0 nghĩa là không có dòng điện qua pin E và pin $E_1$. Theo định luật Ôm ta có hệ hai phương trình :

$E = U_{AC_1} = IR_{AC_1}$ (1)

$E_1 = U_{AC_2} = IR_{AC_2}$ (2)

Trong đó dòng điện I bằng nhau và bằng $\dfrac{E_0}{R_{AB} + r_0}$, từ đó suy ra:

$$\frac{E}{E_1} = \frac{R_{AC_1}}{R_{AC_2}} = \frac{AC_1}{AC_2} \Rightarrow E = \frac{AC_1}{AC_2}E_1 = \frac{60}{40}.1 = 1{,}5V.$$

**5.** Gọi điện trở đoạn MC là x, điện trở đoạn mạch NC là $(8 - x)k\Omega$.

a) Từ điều kiện $U_1 = 2U_2$ ta suy ra: $\dfrac{R_1x}{R_1 + x} = 2\dfrac{(8-x)R_2}{8 - x + R_2}$

Thay $R_1$ và $R_2$ vào ta được: $\dfrac{3x}{3+x} = \dfrac{4(8-x)}{10-x} \Leftrightarrow x^2 + 10x - 96 = 0$

Giải ra ta được: $x = 6$ và $x = -16$ (loại).

Vậy phải để con chạy C sao cho đoạn MC có điện trở là $6000\Omega$.

b) Từ điều kiện $U_1 > U_2$ ta suy ra bất phương trình :

$$\frac{R_1x}{R_1 + x} > \frac{(8-x)R_2}{8 - x + R_2} \Leftrightarrow \frac{3x}{3+x} > \frac{2(8-x)}{10-x}$$

Vì $0 \le x \le 8$ nên $3 + x > 0$ và $10 - x > 0$. Ta có:

$3x(10 - x) > (3 + x)(16 - 2x)$ hay $x^2 - 20x + 48 < 0$

Giải bất phương trình này và kết hợp với điều kiện $x \leq 8$, ta tìm được nghiệm: $10 - \sqrt{52} < x \leq 8$ kΩ

**6.** Nhận xét: Hai điểm M và N nối với nhau bằng dây dẫn có điện trở không đáng kể, do đó $U_{MN} = 0 \Rightarrow$ dòng điện qua $R_4$: $I_4 = 0$.

Theo chiều các dòng điện như hình vẽ. Ta có: $I_1 + I_2 - I_3 = 0$.

Các phương trình hiệu điện thế :

$U_{AB} = I_3R_3 = \mathscr{E}_1 - I_3R_3$ và $U_{AB} = I_3R_3 = \mathscr{E}_2 - I_2R_2$

Thay các giá trị số đã cho vào ta được hệ ba phương trình:

$I_1 + I_2 - I_3 = 0$ (1)

$1000I_3 = 1{,}5 - 1000I_1$ (2)

$1000I_3 = 1{,}8 - 1000I_2$ (3)

Giải hệ phương trình này ta tìm được :

$$I_1 = 0{,}4.10^{-3}\text{A} \; ; \; I_2 = 0{,}7.10^{-3}\text{A} \; ; \; I_3 = 1{,}1.10^{-3}\text{A}$$

**7.** Tại nút M: $I_2 + I_3 = I_1$

Hai phương trình hiệu điện thế:

$$I_3R_3 = \mathscr{E}_1 - I_1R_{PN} \text{ và } I_3R_3 = -\mathscr{E}_2 + I_2R_2$$

Điện trở tương đương của $R_1$ và $R_4$: $R_{14} = \dfrac{R_1R_4}{R_1 + R_4} = \dfrac{20.30}{20 + 30} = 12\Omega$

Thay các giá trị đã cho vào ta được hệ:

$I_2 + I_3 = 1{,}5$ (1)

$20I_3 = 24 - 18 = 6$ (2)

$20I_3 = -\mathscr{E}_2 + 15I_2$ (3)

Giải hệ này ta tìm được: $I_2 = 1{,}2$ A ; $I_3 = 0{,}3$ A ; $\mathscr{E}_2 = 12$V.

**8.** a) Công suất tiêu thụ mạch ngoài:

$$P = I^2R = \frac{\mathscr{E}^2}{(R + r)^2}.R = \frac{\mathscr{E}^2}{\left(\sqrt{R} + \dfrac{r}{\sqrt{R}}\right)^2}$$

Phân số này có tử số là hằng số, còn mẫu số là bình phương của tổng hai số mà tích của chúng không đổi ($\sqrt{R}.\dfrac{r}{\sqrt{R}} = r$ = hằng số). Vậy mẫu số nhỏ nhất khi hai số này bằng nhau: $\sqrt{R} = \dfrac{r}{\sqrt{R}} \Rightarrow R = r$.

Công suất cực đại ở mạch ngoài: $P_{max} = \dfrac{E^2}{(r+r)^2}.r = \dfrac{E^2}{4r}$

b) Khi mạch ngoài là $R_1$ thì: $P_1 = \dfrac{E^2}{(R_1+r)^2}R_1$

Khi mạch ngoài là $R_2$ thì: $P_2 = \dfrac{E^2}{(R_2+r)^2}.R_2$

Với $P_1 = P_2 = P \Rightarrow \dfrac{R_1}{(R_1+r)^2} = \dfrac{R_2}{(R_2+r)^2}$.

$\Leftrightarrow \dfrac{\sqrt{R_1}}{R_1+r} = \dfrac{\sqrt{R_2}}{R_2+r} \Rightarrow \sqrt{R_1}(R_2+r) = \sqrt{R_2}(R_1+r)$

$\Leftrightarrow \sqrt{R_1R_2}(\sqrt{R_2}-\sqrt{R_1}) = r(\sqrt{R_2}-\sqrt{R_1})$

Vì $R_1 \neq R_2$ nên: $\sqrt{R_1R_2} = r \Rightarrow R_1R_2 = r^2$.

**9.** a) Muốn công suất mạch ngoài cực đại thì phải chọn điện trở mạch ngoài đúng bằng điện trở trong của nguồn: $R = r = 1\Omega$.

Công suất mạch ngoài cực đại: $P_{max} = \dfrac{E^2}{4r} = \dfrac{(1,2)^2}{4.1} = 0,36W$

Hiệu suất của nguồn điện: $h = \dfrac{R}{R+r} = \dfrac{r}{2r} = 50\%$.

b) Công suất: $P = \dfrac{E^2}{(R+r)^2}R$

$\Rightarrow$ Phương trình: $\dfrac{(1,2)^2}{(R+r)^2}R = 0,32 \Leftrightarrow 144R = 32(R+r)^2$

$\Leftrightarrow 2R^2 - 5R + 2 = 0$.

Giải ra ta được: $R = 2\Omega$ và $R = 0,5\Omega$.

Vậy với công suất mạch ngoài là $P = 0,32W$ thì có thể chọn hai trị số điện trở mạch ngoài khác nhau là $R_1 = 2\Omega$ và $R_2 = 0,5\Omega$.

**10.** Ta có: $P_1 = \dfrac{E_0^2}{4r_1} = 20 \Rightarrow r_1 = \dfrac{E_0^2}{80}$ (1)

$P_2 = \dfrac{E_0^2}{4r_2} = 30 \Rightarrow r_2 = \dfrac{E_0^2}{120}$ (2)

a) Hai acquy mắc nối tiếp.

Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn là :

$$E = E_1 + E_2 = 2E_0 \text{ và } r = r_1 + r_2$$

Công suất mạch ngoài cực đại khi: $R = r = r_1 + r_2$.

Công suất đó là: $P_{max} = \dfrac{E^2}{4r} = \dfrac{(2E_0)^2}{4(r_1 + r_2)} = \dfrac{E_0^2}{r_1 + r_2}$

Từ (1) và (2) ta có: $r_1 + r_2 = \dfrac{E_0^2}{80} + \dfrac{E_0^2}{120}$.

Thay vào ta có: $P_{max} = \dfrac{1}{\dfrac{1}{80} + \dfrac{1}{120}} = 48W$.

b) Hai acquy mắc song song. Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn: $E = E_0$; $r = \dfrac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} = \dfrac{E_0^2}{200}$. Công suất mạch ngoài cực đại khi

$R = \dfrac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \Rightarrow P_{max} = \dfrac{E^2}{4r} = \dfrac{E_0^2}{4.\dfrac{e_0^2}{200}} = 50W$.

**11.** a) Công suất mạch ngoài: $P = I^2R = \dfrac{E^2}{(R + r)^2}.R = \dfrac{(28)^2}{(5+2)^2}.5 = 80W$

b) Công suất tiêu hao trong nguồn: $\dfrac{E^2}{(R + R)^2}.r = \dfrac{(28)^2}{(5+2)^2}.2 = 32W$

Công suất của nguồn: $P_E = P + P_r = 80W + 32W = 112W$.

Hiệu suất nguồn điện: $h = \dfrac{P}{P_E} = \dfrac{80W}{112W} \approx 71\%$.

Khi mắc thêm điện trở $R_x$ // với R thì điện trở mạch ngoài là:

$$R_n = \frac{R.R_x}{R_x + R} = \frac{5R_x}{R_x + 5}$$

Vì công suất trong hai trường hợp như nhau nên:

$$R_1.R_2 = r^2 \Rightarrow \frac{5R_x}{R_x + 5}.R = r^2 \Rightarrow \frac{25R_x}{R_x + 5} = 4 \Rightarrow R_x = R_x = \frac{20}{21}\Omega.$$

**12.** a) Khi các bóng sáng bình thường, tức là tiêu thụ đúng công suất định mức, thì công suất của mạch ngoài: $P = 4.3W = 12W$.

Điện trở mạch ngoài: $P = \dfrac{E^2}{(R+r)^2}.R = 12$

$\Leftrightarrow \dfrac{(18)^2R}{(R+6)^2} = 12 \Rightarrow R^2 - 15R + 36 = 0$

Giải phương trình $\Rightarrow R_1 = 12\Omega$ và $R_2 = 3\Omega$.

* Lấy $R = R_1 = 12\Omega$: Dòng điện $I_1 = \dfrac{E}{R_1 + r} = \dfrac{18}{12+6} = 1A$

Cường độ định mức của bóng: $I_0 = \dfrac{P_0}{U_0} = \dfrac{3W}{6V} = 0{,}5A$

Vì các bóng đèn giống nhau nên phải mắc chúng thành x dãy song song giống nhau, mỗi dãy y bóng nối tiếp.

Số dãy là : $x = \dfrac{I_1}{I_0} = \dfrac{1A}{0{,}5A} = 2$ dãy.

Số bóng ở mỗi dãy là : $y = \dfrac{4}{2} = 2$ bóng.

Chú ý: Điện áp ở mạch ngoài: $U = R_1.I_1 = 12.1 = 12V$ (bằng hai lần điện áp định mức trên mỗi bóng đèn).

* Lấy $R = R_2 = 3\Omega$. Dòng toàn mạch là : $I_2 = \dfrac{E}{R_2 + r} = \dfrac{18}{3+6} = 2A$.

Số dãy song song là : $x = \dfrac{I_2}{I_0} = \dfrac{2A}{0{,}5A} = 4$ dãy.

Số bóng ở mỗi dãy là : $y = \dfrac{4}{4} = 1$ bóng.

Chú ý: Điện áp ở mạch ngoài bằng $U = R_2I_2 = 3.2 = 6V$ (bằng điện áp định mức trong một bóng).

b) Theo cách 1 thì điện trở bộ bóng: $R_1 = 12\Omega$.

Hiệu suất nguồn điện: $h_1 = \dfrac{R_1}{R_1 + r} = \dfrac{12}{12+6} = \dfrac{2}{3} \approx 67\%$

Theo cách 2 điện trở bộ bóng: $R_2 = 3\ \Omega$

Hiệu suất nguồn điện: $h_2 = \dfrac{R_2}{R_2 + r} = \dfrac{3}{3+6} = \dfrac{1}{3} \approx 33\%$

Vậy mắc theo cách thứ nhất có lợi hơn vì hiệu suất của nguồn điện lớn hơn.

**13.** a) Công suất mạch ngoài cực đại mà nguồn có thể cung cấp:

$$P_{max} = \frac{E^2}{4r} = \frac{(24)^2}{4.6} = 24W$$

Số bóng tối đa có thể mắc: $N = \frac{P_{max}}{P_1} = \frac{24W}{3W} = 8$ bóng.

Để khẳng định chắc chắn có thể mắc 8 bóng hay không ta phải xác định xem có cách nào để dòng qua mỗi bóng đúng bằng dòng định mức hay không.

Khi công suất mạch ngoài là cực đại thì điện trở mạch ngoài bằng điện trở trong: $R = r = 6\Omega$.

Cường độ dòng điện mạch chính: $I = \frac{E}{R+r} = \frac{24}{6+6} = 2A$.

Giả sử 8 bóng được mắc thành x dãy song song, mỗi dãy có y bóng nối tiếp. Dòng định mức của mỗi bóng: $I_0 = \frac{P_0}{U_0} = \frac{3W}{6V} = 0{,}5A$.

Số dãy: $x = \frac{I}{I_0} = \frac{2A}{0{,}5A} = 4$ dãy.

Số bóng nối tiếp ở mỗi dãy: $y = \frac{8}{4} = 2$ bóng.

Vậy mắc 8 bóng thành 4 dãy song song, mỗi dãy 2 bóng nối tiếp.

b) Nếu có 6 bóng thì công suất mạch ngoài khi các bóng sáng bình thường là : $P = 6.3W = 18W$

Điện trở mạch ngoài của bộ 6 bóng:

$$P = \frac{E^2}{(R+r)^2} = 18 \Leftrightarrow \frac{(24)^2}{(R+6)^2} = 18 \Rightarrow R^2 - 20R + 36 = 0$$

$$\Rightarrow R = R_1 = 18\Omega \text{ và } R_2 = 2\Omega.$$

* Cách 1: Lấy $R = R_1 = 18\Omega$.

Dòng điện mạch chính: $I_1 = \frac{E}{R_1 + r} = \frac{24}{18+6} = 1A$.

Vì dòng định mức của mỗi bóng là $I_0$ nên:

Số dãy song song: $x = \frac{I_1}{I_0} = \frac{1A}{0{,}5A} = 2$ dãy.

Số bóng nối tiếp ở mỗi dãy: $y = \frac{6}{2} = 3$ bóng.

* Cách 2: Lấy $R = R_2 = 2\Omega$.

Dòng điện mạch chính: $I_2 = \dfrac{E}{R_2 + r} = \dfrac{24}{2+6} = 3A$.

Số dãy song song: $x = \dfrac{I_2}{I_0} = \dfrac{3A}{0{,}5A} = 6$ dãy.

Theo cách 1 hiệu suất nguồn điện: $h_1 = \dfrac{R_1}{R_1 + r} = \dfrac{18}{18+6} = \dfrac{3}{4} = 75\%$

Theo cách 2 hiệu suất nguồn điện: $h_2 = \dfrac{R_2}{R_2 + r} = \dfrac{2}{2+6} = \dfrac{1}{4} = 25\%$

Vậy cách 1 tốt hơn vì hiệu suất nguồn điện lớn hơn.

**14.** a) Điện trở mạch ngoài: $R_{MN} = \dfrac{R_1(R_2 + R_x)}{R_1 + R_2 + R_x} = \dfrac{4(2 + R_x)}{6 + R_x}$

Muốn công suất tiêu thụ ở mạch ngoài là cực đại thì: $R_{MN} = r$.

Ta có: $\dfrac{4(2+R_x)}{6+R_x} = 2 \Rightarrow 2(2 + R_x) = 6 + R_x \Rightarrow R_x = 2\Omega$.

b) Hiệu điện thế mạch ngoài: $U_{MN} = IR_{MN} = \dfrac{E}{R_{MN} + r}.R_{MN}$

$$\Leftrightarrow U_{MN} = \frac{12}{\dfrac{4(2+R_x)}{6+R_x} + 2}.\frac{4(2+R_x)}{6+R_x} = \frac{24(2+R_x)}{10+3R_x}$$

Dòng điện qua $R_x$: $I_2 = \dfrac{U_{MN}}{R_2 + R_x} = \dfrac{24(2+R_x)}{(10+3R_x)(2+R_x)} = \dfrac{24}{10+3R_x}$

Công suất tiêu thụ trên $R_x$:

$$P_x = I_2^2 R_x = \frac{24^2.R_x}{(10+3R_x)^2} = \frac{(24)^2}{\left(\dfrac{10}{\sqrt{R_x}} + 3\sqrt{R_x}\right)^2}.$$

Nhận xét: $\dfrac{10}{\sqrt{R_x}}.3\sqrt{R_x} = 30 =$ hằng số nên tổng nhỏ nhất khi hai số này bằng nhau: $\dfrac{10}{\sqrt{R_x}} = 3\sqrt{R_x} \Rightarrow R_x = \dfrac{10}{3}\Omega$.

Công suất cực đại trên $R_x$: $(P_x)_{max} = \dfrac{(24)^2}{(10 + 3.\frac{10}{3})^2}.\dfrac{10}{3} = 4{,}8W$.

**15** Cường độ dòng mạch: $I = \dfrac{E}{R_1 + R_x + r} = \dfrac{12}{1,1 + R_x + 0,1} = \dfrac{12}{1,2 + R_x}$.

Công suất tiêu thụ trên điện trở $R_x$:

$$P_x = I^2x = \frac{(12)^2}{(1,2 + R_x)^2}.R_x = \frac{(12)^2}{(\frac{1,2}{\sqrt{R_x}} + \sqrt{R_x})^2}$$

Vì hai số $\dfrac{1,2}{\sqrt{R_x}}$ và $\sqrt{R_x}$ có tích không đổi nên tổng hai số này nhỏ nhất khi chúng bằng nhau: $\dfrac{1,2}{\sqrt{R_x}} = \sqrt{R_x} \Rightarrow R_x = 1,2\Omega$.

Công suất cực đại trên $R_x$: $(P_x)_{max} = \dfrac{(12)^2}{(1,2 + 1,2)^2}.1,2 = 30W$.

***Cách khác:*** Coi $R_x$ là điện trở mạch ngoài, điện trở trong của nguồn là:

$r' = r + R_1 = 1,2\Omega$.

Muốn công suất tiêu thụ ở mạch ngoài cực đại thì $R_x = r' = 1,2\Omega$.

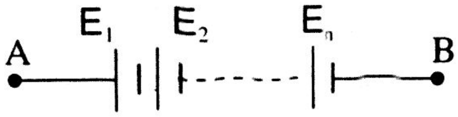
Công suất cực đại trên $R_x$: $(P_x)_{max} = \dfrac{E^2}{4r'} = \dfrac{12^2}{4,8} = 30W$.

# §16. CÁC CÁCH GHÉP NGUỒN ĐIỆN

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Ghép nối tiếp

Ghép nối tiếp các nguồn điện ($E_1$, $r_1$), ($E_2$, $r_2$) ... ($E_n$, $r_n$) thành bộ nguồn như hình 69.



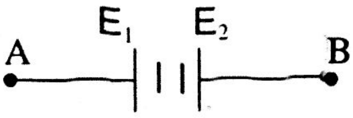
*Hình 69*

- Suất điện động của bộ nguồn: $E_b = E_1 + E_2 + ... + E_n$

- Điện trở trong của bộ nguồn: $r_b = r_1 + r_2 + ... + r_n$

***Trường hợp hai nguồn ghép xung đối***

Ghép hai nguồn $E_1$, $E_2$ ($E_1 > E_2$) thành bộ nguồn theo sơ đồ như hình 70 (ghép xung đối).



*Hình 70*

- Suất điện động của bộ nguồn: $E_b = |E_1 - E_2|$

  + Đầu A sẽ là cực dương của bộ nguồn nếu: $E_1 > E_2$.

  + Đầu A sẽ là cực âm của bộ nguồn nếu: $E_1 < E_2$.

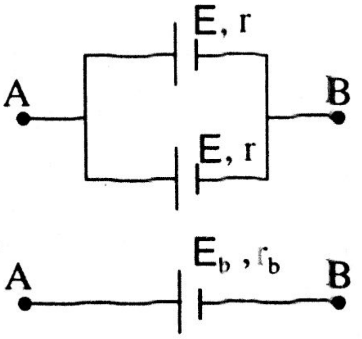
- Điện trở trong của bộ nguồn: $r_b = r_1 + r_2$.

### 2. Ghép song song

Ghép song song hai nguồn giống nhau (E, r) thành bộ nguồn như hình 71.

- Suất điện động của bộ nguồn gồm n nguồn như nhau (E, r) ghép song song là : $E_b = E$

- Điện trở trong của bộ nguồn: $r_b = \frac{r}{n}$.



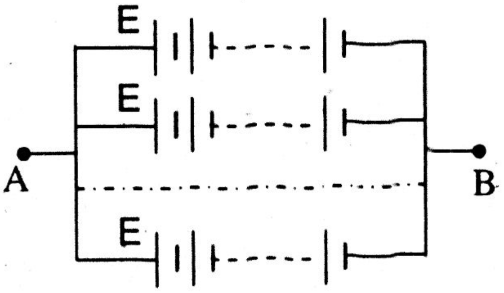
*Hình 71*

### 3. Ghép hỗn hợp

Ghép N nguồn điện giống nhau thành bộ nguồn như hình 72 (ghép kiểu hỗn hợp đối xứng), gồm m dãy, mỗi nguồn có n nguồn mắc nối tiếp.

Suất điện động của bộ nguồn: $E_b = nE$ .

- Điện trở trong của bộ nguồn: $r_b = \frac{nr}{m}$.



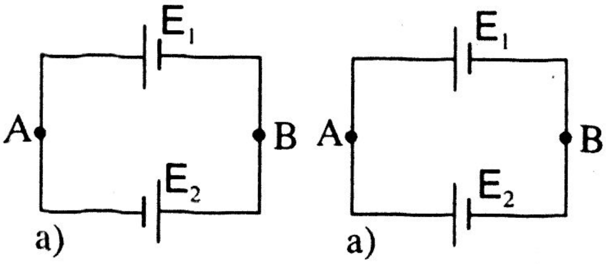
*Hình 72*

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

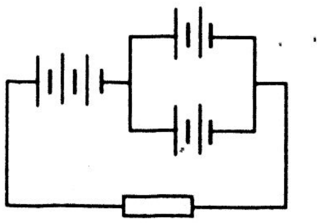
1. Hai pin được ghép với nhau theo các sơ đồ ở hình 73. Tìm cường độ dòng điện trong mạch và hiệu điện thế giữa hai điểm A, B trong các trường hợp :

   a) Hai pin ghép nối tiếp (hình 73a) có suất điện động bằng nhau và bằng E, còn điện trở trong $r_1$ và $r_2$ khác nhau.

   b) Hai pin ghép xung đối (hình 73b) có suất điện động và điện trở trong tương ứng là $E_1$, $r_1$ và $E_2$, $r_2$ ($E_1 > E_2$).



*(Hình 73)*



*(Hình 74)*

2. Cho mạch điện như hình 74. Mỗi pin có E = 1,5 V; r = 1 Ω. Điện trở mạch ngoài R = 3,5 Ω. Tìm cường độ dòng điện ở mạch ngoài.

3. Có một số nguồn điện giống nhau mắc nối tiếp với điện trở mạch ngoài R = 10Ω. Nếu dùng 6 nguồn thì dòng điện trong mạch là 3A; nếu dùng 12 nguồn thì cường độ dòng điện trong mạch là 5A. Tìm suất điện động và điện trở trong của mỗi nguồn.

4. Một bộ gồm 18 nguồn giống nhau mắc thành 3 dãy, mỗi dãy có 6 nguồn. Điện trở mạch ngoài là $R_x$. Khi $R_x = R_1$ thì dòng điện trong mạch là $I_1$ = 1,3A, hiệu điện thế hai đầu $R_1$ là $U_1$ = 6,4V. Khi $R_x = R_2$ thì dòng điện trong mạch là $I_2$ = 2,4A, hiệu điện thế hai đầu $R_2$ là $U_2$ = 4,2V. Tính suất điện động E và điện trở trong r của mỗi nguồn.

5. Cho N nguồn giống nhau, mỗi nguồn có suất điện động $E_0$, điện trở trong $r_0$, mắc thành x dãy song song mỗi dãy y nguồn nối tiếp. Mạch ngoài có điện trở R.

   Xác định cách mắc (tìm x, y) để dòng toàn mạch là lớn nhất

6. Có 24 pin giống nhau, mỗi pin có suất điện động E = 1,5V, điện trở trong r = 0,5Ω mắc thành bộ rồi nối với điện trở mạch ngoài R = 3Ω.

   a) Các pin mắc nối tiếp. Tìm dòng điện qua R.

   b) Mắc các pin thành y dãy, mỗi dãy có x pin. Tìm x và y để cường độ dòng điện qua R cực đại. Tính dòng điện cực đại đó.

7. Có 12 chiếc pin mỗi chiếc có suất điện động $e_0$ = 1,5V, điện trở trong $r_0$ = 0,3Ω. Mạch ngoài có điện trở R = 0,4Ω.

   a) Hỏi phải ghép hỗn tạp các pin như thế nào để dòng toàn mạch là lớn nhất?

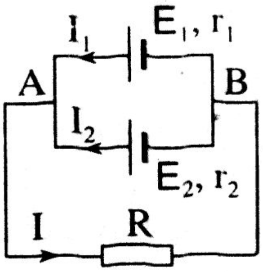
   b) Tính công suất lớn nhất ở mạch ngoài

**8.** Có 16 pin, mỗi pin có $E_0 = 1,8V$, $r_0 = 0,4\Omega$ mắc thành hai dãy: dãy thứ nhất có x pin nối tiếp, dãy thứ hai có y pin nối tiếp. Nếu chọn mạch ngoài $R = 6\Omega$ thì dòng không qua dãy thứ hai. Tính số pin ở mỗi dãy.

**9.** Cho hai nguồn điện ghép song song. Suất điện động và điện trở trong là $E_1$, $r_1$ và $E_2$, $r_2$ ($E_1 > E_2$). Mạch ngoài có điện trở R như hình 75.

a) Viết biểu thức hiệu điện thế $U_{AB}$.

b) Với những giá trị nào của R thì nguồn $E_2$ phát dòng ($I_2 > 0$), không phát và không thu ($I_2 = 0$) và thu dòng ($I_2 < 0$)?



*Hình 75*

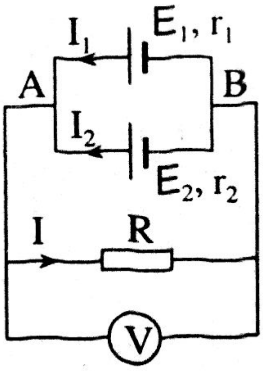
**10.** Cho mạch điện như hình 76.

Cho $E_1 = 2V$; $r_1 = 0,1\Omega$ ; $E_2 = 1,5V$;

$r_2 = 0,1\Omega$. Điện trở vôn kế vô cùng lớn.

a) Tính số chỉ của vôn kế

b) Tính cường độ dòng điện qua $E_1$, $E_2$ và R.



*Hình 76*

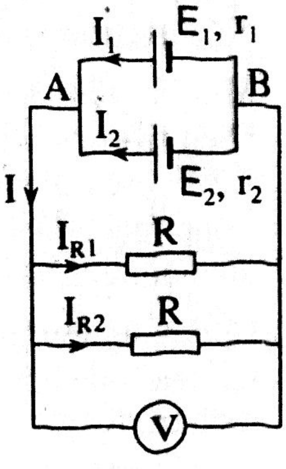
**11.** Cho mạch điện có sơ đồ như hình 77. Các nguồn có suất điện động và điện trở trong là $E_1 = 1,5V$, $r_1 = 0,1\Omega$, $E_2 = 1,2V$, $r_2 = 0,2\Omega$.

Vôn kế có điện trở vô cùng lớn. Điện trở $R_1 = 1\Omega$, điện trở $R_2 = 0,25\Omega$.

a) Tính số chỉ của vôn kế

b) Tính dòng qua các nguồn $E_1$, $E_2$ và các điện trở $R_1$, $R_2$.

**12.** Có 80 chiếc pin mỗi chiếc có suất điện động $e_0 = 1,5V$ điện trở trong $r_0 = 1\Omega$. Mạch ngoài có điện trở $R = 6\Omega$. Xác định cách ghép bộ nguồn để dòng qua điện trở R là lớn nhất và tính cường độ dòng đó.



*Hình 77*

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** a) Cường độ dòng điện trong mạch: $I = \dfrac{2E}{r_1 + r_2}$

Hiệu điện thế: $U_{AB} = E - Ir_1 = \dfrac{E\,(r_2 - r_1)}{r_1 + r_2}$.

b) Cường độ dòng điện trong mạch: $I = \dfrac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2}$

Hiệu điện thế: $U_{AB} = E_1 - Ir_1 = \dfrac{E_1 r_2 + E_2 r_1}{r_1 + r_2}$.

2. Suất điện động của bộ nguồn: $E_b = E_1 + E_2 = 3.2 + 2.2 = 10$ V.

Điện trở trong của bộ nguồn: $r_b = r_1 + r_2 = 3.1 + \dfrac{2.1}{2} = 4\,\Omega$.

Cường độ dòng điện ở mạch ngoài: $I = \dfrac{E_b}{R + r_b} = 1A$.

3. Khi mắc 6 nguồn nối tiếp: $I_1 = \dfrac{6E}{6r + 10} = 3A$ (1)

Khi mắc 12 nguồn nối tiếp: $I_2 = \dfrac{12E}{12r + 10} = 5A$ (2)

Giải (1) và (2) ta được: $E = 11V$ và $r = 2\Omega$.

4. Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn:

$$E_b = 6E \text{ và } r_b = \frac{6r}{3} = 2r.$$

Hiệu điện thế mạch ngoài: $U = E_b - Ir_b$.

Khi $R_x = R_1$: $U_1 = E_b - I_1 r_b \Leftrightarrow 6{,}4 = 6E - 2{,}6r$ (1)

Khi $R_x = R_2$: $U_2 = E_b - I_2 r_b \Leftrightarrow 4{,}2 = 6E - 4{,}8r$ (2)

Giải (1) và (2) $\Rightarrow E = 1{,}5V$; $r = 1\Omega$.

5. Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn: $E = yE_0$; $r = \dfrac{yr_0}{x}$.

Dòng điện: $I = \dfrac{E}{R + r} = \dfrac{yE_0}{R + \dfrac{yr_0}{x}} = \dfrac{E_0}{\dfrac{R}{y} + \dfrac{r_0}{x}} = \dfrac{E_0}{\dfrac{xR}{N} + \dfrac{r_0}{x}} = \dfrac{E_0}{f(x)}$

**Chú ý: $xy = N$. Trong biểu thức I, tử số không đổi là $E_0$, mẫu số f(x) là tổng hai số mà tích của chúng là: $\dfrac{xR}{N}.\dfrac{r_0}{x} = \dfrac{Rr_0}{N} = \text{const}$.**

**Mẫu số nhỏ nhất khi: $\dfrac{xR}{N} = \dfrac{r_0}{x}$. Điểm cực tiểu của mẫu: $x = \sqrt{\dfrac{Nr_0}{R}}$.**

*** Trường hợp 1: $\sqrt{\dfrac{Nr_0}{R}}$ là số nguyên:**

**Trong trường hợp này điểm cực tiểu $x = \sqrt{\dfrac{Nr_0}{R}}$ của hàm số f(x) chính là nghiệm của bài toán, tức là số dãy.**

Số nguồn mỗi dãy là : $y = \frac{N}{x}$.

Điện trở trong của bộ nguồn: $r = \frac{yr_0}{x} = \frac{Nr_0}{x^2} = R$.

* Trường hợp 2: $\sqrt{\frac{Nr_0}{R}}$ không nguyên.

Trong trường hợp này điểm cực tiểu $x = \sqrt{\frac{Nr_0}{R}}$ của hàm f(x) không phải là nghiệm của bài toán, vì dãy số phải là số nguyên. Muốn tìm nghiệm của bài toán ta làm như sau: Giả sử $x_1, x_2, x_3\ldots$ là những số nguyên ở gần trị số $\sqrt{\frac{Nr_0}{R}}$. Thay lần lượt các trị số $x_1, x_2, x_3\ldots$ vào biểu thức mẫu số f(x) ta sẽ được các trị số dòng toàn mạch là $I_1, I_2, I_3,\ldots$ Trong số các dòng đó ta lấy dòng lớn nhất và xác định được x là số dãy ứng với cách ghép tối ưu.

**6.** a) Dòng điện qua R: $I = \frac{24E}{24r + R} = \frac{24.1,5}{24.0,5 + 3} = 2,4A$.

b) Suất điện động và điện trở trong: $E_b = xE$ và $r_b = \frac{xr}{y}$.

Dòng điện qua R: $I = \frac{xE}{\frac{xr}{y} + R} = \frac{xyE}{xr + yR} = \frac{24E}{xr + yR}$.

Muốn I cực đại thì mẫu số (xr + yR) phải cực tiểu.

Ta có tích xr.yR = 24rR = 36 = hằng số nên mẫu số (xr + yR) cực tiểu khi $xr = yR \Leftrightarrow x^2r = yxR = 72 \Rightarrow x = 12$ và y = 2.

Dòng điện cực đại: $I_{max} = \frac{24E}{xr + yR} = \frac{24.1,5}{12.0,5 + 2.3} = 3A$.

**7.** a) Giả sử bộ nguồn được ghép thành x dãy song song, mỗi dãy y pin nối tiếp. Dòng điện: $I = \frac{yE_0}{R + \frac{yr_0}{x}} = \frac{E_0}{\frac{R}{y} + \frac{r_0}{x}} = \frac{E_0}{\frac{xR}{N} + \frac{r_0}{x}}$.

Trong đó: N = xy =12.

Điểm cực tiểu của hàm số ở mẫu số: $x = \sqrt{\frac{Nr_0}{R}} = \sqrt{\frac{12.0,3}{0,4}} = 3$

Vậy, số dãy là x = 3, số pin nối tiếp ở mỗi dãy: $y = \frac{12}{3} = 4$ (pin)

b) Công suất mạch ngoài: $P = I^2R$

Vì R đã cho nên P cực đại khi I cực đại: $P_{max} = I^2_{max}.R$

Theo câu a, dòng I cực đại khi 12 pin ghép thành 3 dãy, mỗi dãy 4 chiếc.

Cường độ dòng toàn mạch lúc đó: $I_{max} = \frac{4.1,5}{0,8} = \frac{60}{8} = 7,5A$

Công suất cực đại ở mạch ngoài: $P_{max} = (7,5)^2.0,4 = 22,5W$.

**8.** Dòng không qua dãy y pin nên: $U_{AB} = yE_0 = (16 - x)E_0$.

Dòng I qua R là do dãy thứ nhất phát nên: $U_{AB} = IR = \frac{xE_0}{R + xr_0}.R$

Từ hai phương trình trên có : $xR = (16 - x)(R + xr_0)$

Thay các trị số vào ta được phương trình: $x^2 + 14x - 240 = 0$

Giải ra ta được: x = 10 và x = –24 (loại).

Vậy dãy thứ nhất có x = 10 pin, dãy thứ hai có 6 pin.

**9.** a) Hiệu điện thế UAB có thể tính theo ba phương trình:

$$U_{AB} = E_1 - I_1r_1 \Rightarrow I_1 = \frac{E_1 - U_{AB}}{r_1} \qquad (1)$$

$$U_{AB} = E_2 - I_2r_2 \Rightarrow I_2 = \frac{E_2 - U_{AB}}{r_2} \qquad (2)$$

$$U_{AB} = IR = (I_1 + I_2)R \Rightarrow I_1 + I_2 = \frac{U_{AB}}{R} \qquad (3)$$

Từ (1), (2) và (3) rút ra : $U_{AB} = \frac{\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}}$.

b) Giả sử nguồn $E_2$ phát dòng ($I_2 > 0$) khi đó sử dụng kết quả câu a ta có bất phương trình:

$$U_{AB} = E_2 - I_2r_2 < E_2 \text{ hay } \frac{\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} < E_2 \Rightarrow R < \frac{E_2}{E_1 - E_2}r_1$$

* Giả sử nguồn $E_2$ không phát cũng không thu ($I_2 = 0$). Khi đó:

$U_{AB} = E_2 - I_2r_2 = E_2$ .

Do đó : $\dfrac{\dfrac{E_1}{r_1}+\dfrac{E_2}{r_2}}{\dfrac{1}{R}+\dfrac{1}{r_1}+\dfrac{1}{r_2}} = E_2 \Rightarrow R = \dfrac{E_2}{E_1 - E_2}r_1$ .

Nếu nguồn $E_2$ thu dòng ($I_2 < 0$) thì $U_{AB} > E_2$

Ta có bất phương trình: $\dfrac{\dfrac{E_1}{r_1}+\dfrac{E_2}{r_2}}{\dfrac{1}{R}+\dfrac{1}{r_1}+\dfrac{1}{r_2}} > E_2$.

Giải bất phương trình đó ta được $R > \dfrac{E_2}{E_1 - E_2}r_1$ .

**10.** a) Hiệu điện thế giữa hai cực của bộ nguồn:

$$U_{AB} = \dfrac{\dfrac{E_1}{r_1}+\dfrac{E_2}{r_2}}{\dfrac{1}{R}+\dfrac{1}{r_1}+\dfrac{1}{r_2}} = \dfrac{\dfrac{2}{0,1}+\dfrac{1,5}{0,1}}{\dfrac{1}{0,2}+\dfrac{1}{0,1}+\dfrac{1}{0,1}} = 1,4V$$

b) Dòng qua nguồn $E_1$: $I_1 = \dfrac{E_1 - U_{AB}}{r_1} = \dfrac{2-1,4}{0,1}A = 1A$.

Dòng qua điện trở R: $I = I_1 + I_2 = 6A + 1A = 7A$.

**11.** a) Ta có: $R = \dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2} = \dfrac{1.0,25}{1,25} = 0,2\Omega$.

Hiệu điện thế: $U_{AB} = \dfrac{\dfrac{E_1}{r_1}+\dfrac{E_2}{r_2}}{\dfrac{1}{R}+\dfrac{1}{r_1}+\dfrac{1}{r_2}} = \dfrac{\dfrac{1,5}{0,1}+\dfrac{1,2}{0,2}}{\dfrac{1}{0,2}+\dfrac{1}{0,1}+\dfrac{1}{0,2}} = 1,05V$.

b) Dòng điện qua các nguồn:

$$I_1 = \dfrac{E_1 - U_{AB}}{r_1} = 4,5A \text{ và } I_2 = \dfrac{E_2 - U_{AB}}{r_2} = 0,75A.$$

Dòng điện qua các điện trở:

$$I_{R_1} = \dfrac{U_{AB}}{R_1} = \dfrac{1,05}{1} = 1,05A \text{ và } I_{R_1} = \dfrac{U_{AB}}{R_2} = \dfrac{1,05}{0,25} = 4,2A$$

**12.** Ta có : $I = \dfrac{E_0}{\dfrac{xR}{N} + \dfrac{r_0}{x}} = \dfrac{E_0}{f(x)}$.

Điểm cực tiểu của hàm f(x): $x = \sqrt{\dfrac{Nr_0}{R}} = \sqrt{\dfrac{80.1}{6}} = \sqrt{\dfrac{40}{3}} \approx 3,6$

Các số nguyên gần với 3,6 là : $x_1 = 2$; $x_2 = 3$; $x_3 = 4$.

Dễ dàng nhận thấy $x_2 = 3$ là không thích hợp vì số pin ở mỗi dãy không thể là $\dfrac{80}{3}$. Với $x = x_1 = 2$ ta có $y = \dfrac{80}{2} = 40$.

Cường độ dòng qua R: $I_1 = \dfrac{yE_0}{R + \dfrac{yr_0}{x_1}} = \dfrac{40.1,5}{6 + \dfrac{40}{2}} = \dfrac{30}{13}$ A.

Với $x = x_3 = 4$ ta có $y = \dfrac{80}{4} = 20$.

Cường độ dòng qua R: $I_3 = \dfrac{yE_0}{R + \dfrac{yr_0}{x_3}} = \dfrac{20.1,5}{6 + \dfrac{20}{4}} = \dfrac{30}{11}$ A.

Vì $I_3 > I_1$, nghĩa là phải chọn phương án: 4 dãy, mỗi dãy 20 pin.

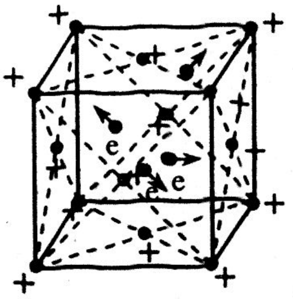
# Chương 3. DÒNG ĐIỆN TRONG CÁC MÔI TRƯỜNG

## §17. DÒNG ĐIỆN TRONG KIM LOẠI

### A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

**1. Cấu trúc tinh thể của kim loại**

Các kim loại ở thể rắn có cấu trúc tinh thể. Các ion (dương) được sắp xếp một cách đều đặn theo một trật tự nhất định trong không gian, tạo thành mạng tinh thể. Còn các êlectron bị mất liên kết với hạt nhân của nguyên tử kim loại, thì chuyển động tự do trong khoảng không gian giữa các ion dương (nút mạng). Các êlectron này được gọi là êlectron tự do; chúng có vai trò là hạt tải điện, nên gọi là êlectron dẫn. Hình 78 là một ô mạng tinh thể của đồng.



*Hình 78*

Các kim loại khác nhau có mật độ êlectron tự do khác nhau. Mật độ êlectron tự do trong mỗi loại có giá trị không đổi, không phụ thuộc nhiệt độ. Ở nhiệt độ bình thường, các ion trong mạng tinh thể dao động quanh các vị trí cân bằng của chúng, và nói chung trật tự sắp xếp các ion không thay đổi. Còn các êlectron tự do chuyển động nhiệt hỗn loạn do va chạm với các ion dao động.

**2. Bản chất dòng điện trong kim loại**

Dòng điện trong kim loại là dòng dịch chuyển có hướng của các êlectron tự do ngược chiều điện trường.

### B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Giải thích nguyên nhân gây ra điện trở của kim loại. Vì sao các kim loại khác nhau thì có điện trở suất khác nhau.

2. Giải thích vì sao khi có dòng điện chạy qua, các dây dẫn kim loại lại nóng lên (toả nhiệt).

3. Các phép tính chứng tỏ vận tốc chuyển động có hướng của các electron tự do trong dây dẫn kim loại là khá nhỏ (bé hơn 0,2 mm/s).

   Tuy nhiên trên thực tế, khi bật đèn thì đèn dường như được sáng lên một cách tức thời. Điều đó có mâu thuẫn gì không? Giải thích.

4. Đối với dây dẫn kim loại, ở một nhiệt độ nhất định, khi có dòng điện chạy qua, đường đặc tuyến vôn-ampe là đường thẳng. Điều đó có ý nghĩa gì?

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Trong kim loại, các êlectron có thể chuyển động tự do và đóng vai trò là hạt tải điện. Trong khi chuyển động có hướng dưới tác dụng của điện trường ngoài, các êlectron tự do luôn bị cản trở do va chạm (tương tác) với các ion kim loại đang dao động quanh vị trí cân bằng ở các nút mạng tinh thể. Đó là nguyên nhân cơ bản gây ra điện trở của kim loại. Ngoài ta điện trở còn được gây ra bởi các sai hỏng trong tinh thể.

   Đối với các kim loại khác nhau, do có cấu trúc tinh thể khác nhau nên sự "cản trở" của các iôn lên các electrôn là khác nhau. Điều đó dẫn đến sự khác nhau về điện trở suất.

2. Khi có dòng điện chạy qua, trong quá trình chuyển động có hướng dưới tác dụng của điện trường, giữa hai "va chạm" kế tiếp, các êlectron chuyển động có gia tốc do tác dụng của lực điện trường, và thu được một năng lượng xác định (ngoài năng lượng của chuyển động nhiệt hỗn loạn). Năng lượng của chuyển động có hướng đó được truyền một phần (hay hoàn toàn) cho các ion kim loại do va chạm và làm tăng cường dao động của các ion. Như vậy, động năng của chuyển động có hướng của e chuyển thành nội năng của kim loại tức là chuyển hoá thành nhiệt. Kết quả là dây dẫn kim loại nóng lên khi có dòng điện chạy qua.

3. Hoàn toàn không có mâu thuẫn gì.

   Mặc dù vận tốc chuyển động có hướng của các electrôn tự do trong dây dẫn kim loại là khá nhỏ (bé hơn 0,2 mm/s) nhưng vận tốc lan truyền của điện trường tác dụng lên các êlectron tự do là rất lớn (300000 km/s). Khi bật điện, dưới tác dụng của điện trường, các electrôn tại mọi điểm trong dây dẫn "đồng loạt" chuyển động có hướng và tạo ra dòng điện gần như ngay lập tức. Bóng đèn sáng không phải do các electrôn chuyển động từ nguồn điện đến bóng đèn với vận tốc 0,2mm/s!

4. Đường đặc tuyến vôn-ampe là đường thẳng có ý nghĩa là ở một nhiệt độ nhất định, dòng điện qua dây dẫn kim loại tuân theo định luật Ôm cho đoạn mạch.

# §18-19. DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT ĐIỆN PHÂN. ĐỊNH LUẬT PHA-RA-ĐÂY

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Chất điện phân

- Các dung dịch muối, axit, bazơ được gọi là các chất điện phân. Các muối nóng chảy cũng là chất điện phân.

- Theo thuyết điện li, khi muối, axit, bazơ được hoà tan vào nước chúng dễ dàng tách ra thành các ion trái dấu. Quá trình này gọi là sự phân li. Trong khi chuyển động nhiệt hỗn loạn, một số ion dương có thể kết hợp lại với ion âm khi va chạm, để trở thành phân tử trung hòa. Qúa trình này gọi là sự tái hợp. Do kết quả của hai quá trình nói trên, số lượng phân tử bị phân li có giá trị xác định, phụ thuộc vào nhiệt độ và nồng độ của dung dịch. Số cặp ion được tạo thành mỗi giây tăng khi nhiệt độ tăng. Các ion này chuyển động nhiệt hỗn loạn.

### 2. Bản chất dòng điện trong chất điện phân

Dòng điện trong chất điện phân là dòng dịch chuyển có hướng của các ion dương theo chiều điện trường và các ion âm ngược chiều điện trường.

### 3. Phản ứng phụ trong chất điện phân

Các ion âm dịch chuyển đến anôt, nhường êlectron cho anôt, còn các ion dương đến catôt nhận êlectron từ catôt. Các ion đó trở thành nguyên tử hay phân tử trung hoà, có thể bám vào điện cực, hoặc bay lên dưới dạng khí. Chúng cũng có thể tác dụng với điện cực và dung môi, gây ra phản ứng hoá học. Các phản ứng hoá học này gọi là phản ứng phụ hay phản ứng thứ cấp.

### 4. Hiện tượng cực dương tan

Xét bình điện phân có anôt (A) bằng đồng, còn catôt (K) có thể bằng than chì hoặc một kim loại khác nào đó; dung dịch điện phân là đồng sunfat ($CuSO_4$). Khi có dòng điện chạy qua bình, sau một thời gian ngắn có một lớp đồng mỏng bám vào catốt, còn anốt dần bị hao mòn đi. Hiện tượng này gọi là hiện tượng cực dương tan.

Hiện tượng dương tan xảy ra khi điện phân một dung dịch muối kim loại mà anôt làm bằng chính kim loại ấy.

- Khi có hiện tượng cực dương tan, dòng điện trong chất điện phân tuân theo định luật Ôm giống như đối với đoạn mạch chỉ có điện trở thuần.

- Nếu bình điện phân chứa dung dịch muối kim loại mà anôt không làm bằng chính kim loại ấy (không có hiện tượng cực dương tan) thì bình điện phân là một máy thu điện. Khi đó dòng điện chạy qua bình điện phân tuân theo định luật Ôm đối với máy thu điện.

### 5. Định luật Pha-ra-đây về điện phân

Khối lượng m của chất được giải phóng ra ở điện cực tỉ lệ với đương lượng hoá học $\frac{A}{n}$ của chất đó và đối với điện lượng q đi qua dung dịch điện phân.

Gọi là số Farađay: $F = 9{,}65.10^7 C/kmol$.

Công thức: $m = \frac{1}{F}\frac{A}{n}q$ hay $m = \frac{1}{F}\frac{A}{n}It$

Trong đó, I là cường độ dòng điện không đổi đi qua bình điện phân và t là thời gian dòng điện chạy qua bình.

### 6. Ứng dụng của hiện tượng điện phân

Người ta dựa vào hiện tượng cực dương tan để tinh chế kim loại, mạ điện và đúc điện.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Dựa vào bản chất dòng điện trong chất điện phân, hãy chứng minh công thức Farađây: $m = \frac{1}{96.500}\frac{A}{n}q$.

   Cho điện tích của electrôn: $q_e = -1{,}6.10^{-19}C$; $N_A = 6{,}02210^{23}/mol$.

2. Từ định luật Farađây về hiện tượng điện phân, hãy xác định giá trị của điện tích nguyên tố.

3. Chiều dày của lớp niken phủ lên một tấm kim loại là d = 0,05 mm sau khi điện phân trong 30 phút. Diện tích mặt phủ của tấm kim loại là 30 cm$^2$. Xác định cường độ dòng điện chạy qua bình điện phân. Cho biết niken có khối lượng riêng là $D = 8{,}9.10^3$ kg/m$^3$, nguyên tử khối A = 58 và hoá trị n = 2.

4. Dùng bình điện phân để mạ niken một mặt của một vật hình chữ nhật. Trong 2 giờ, lớp niken phủ lên bề mặt vật dày 0,03mm. Tìm mật độ dòng điện ($j = \frac{I}{S}$) trong quá trình mạ. Cho khối lượng riêng của niken là $D = 8{,}9.10^3$kg/m$^3$; Niken có Ni = 58; n = 2.

5. Điện phân dung dịch $H_2SO_4$ với các điện cực bằng Platin (Pt) ta thu được khí hyđrô và ôxy ở các điện cực.

   a) Phân tích quá trình điện phân và cho biết khí hyđrô và ôxy thu được ở các điện cực nào?

   b) Tính thể tích khí thu được ở mỗi điện cực (trong điều kiện tiêu chuẩn) nếu dòng điện qua bình điện phân là I = 5A trong thời gian 32 phút 10 giây.

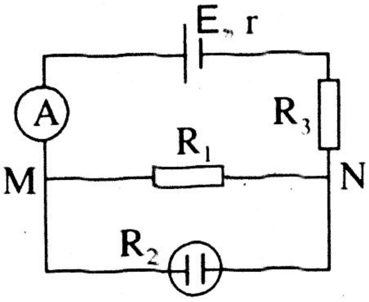
**6.** Cho mạch điện như hình 79. Nguồn có suất điện động E = 16V, r = 0,8Ω.

$R_1$ = 12Ω; $R_3$ = 4Ω; $R_A$ = 0,2Ω. Bình đện phân đựng dung dịch CuSO4 có điện cực bằng đồng (A = 64), điện trở $R_2$ = 4Ω.

a) Tính số chỉ của ampe kế

b) Tính dòng qua bình điện phân

c) Tính lượng hao mòn của cực dương sau 16 phút 5 giây.



*Hình 79*

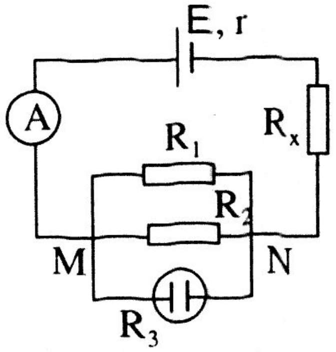
**7.** Cho mạch điện như hình 80. Nguồn điện có E = 4,5V, r = 0,75Ω. Các điện trở $R_1$ = 3Ω; $R_2$ = 4Ω; $R_A$ = 0. Bình điện phân có điện trở $R_3$ = 4Ω đựng dung dịch HCl.

Ampe kế chỉ I = 1A.

a) Tính điện trở Rx

b) Tính dòng điện qua bình điện phân

c) Tính thể tích khí $Cl_2$ được giải phóng ở điện cực sau thời gian 16 phút 5 giây, biết rằng thí nghiệm được tiến hành ở điều kiện tiêu chuẩn.



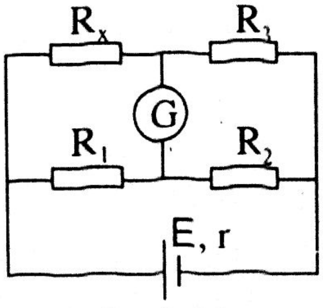
*Hình 80*

**8.** Cho mạch điện như hình 81. Nguồn điện có E = 2V, điện trở trong không đáng kể. Các điện trở $R_1$ = 4Ω; $R_2$ = 6Ω; $R_3$ = 1,5Ω.

Kim điện kế chỉ 0.

a) Tính điện trở $R_x$.

b) Thay $R_x$ bằng một bình điện phân đựng dung dịch $AgNO_3$ có điện cực bằng bạc người ta nhận thấy kim điện kế vẫn chỉ số 0. Tính lượng bạc được giải phóng ở cực âm sau thời gian t = 32 phút 10 giây.



*Hình 81*

**9.** Hai bình điện phân (I) và (II) mắc nối tiếp: Bình (I) chứa dung dịch $CuSO_4$, anốt làm bằng Cu; Bình (II) chứa dung dịch $AgNO_3$, anốt làm bằng Ag. Sau thời gian t, tổng khối lượng kim loại bám vào catốt ở 2 bình là 2,8g.

a) Tính điện lượng chuyển qua các bình điện phân và khối lượng Cu và Ag thu được ở catốt của các bình.

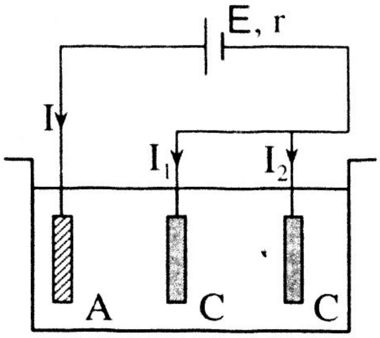
b) Nếu cường độ dòng điện qua các bình điện phân là I = 0,5A thì thời gian điện phân là bao nhiêu?

Cho bạc có Ag = 108; n = 1. Đồng có Cu = 64; n = 2.

**10.** Một bình điện phân đượng dung dịch $AgNO_3$ có anốt làm bằng Ag và 2 catốt $C_1$, $C_2$ giống hệt nhau cách anốt lần lượt là $d_1$ và $d_2$ như hình 82.

a) Khối lượng bạc bám vào 2 catốt trong thời gian điện phân có bằng nhau không? Tại sao?

b) Biết diện tích của mỗi catốt là 25cm$^2$, $d_1$ = 15cm; $d_2$ = 30cm. Dung dịch $AgNO_3$ có điện trở suất $\rho = 0{,}015\Omega m$. Nguồn điện cung cấp có suất điện động E = 5V và điện trở trong r = 0,4Ω. Tính khối lượng bạc bám trên các catốt $C_1$ và $C_2$ trong 1 giờ.



*Hình 82*

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** Điện lượng chuyển tới điện cực chính là điện tích của các iôn tới điện cực, khối lượng chất được giải phóng ở điện cực là khối lượng các iôn này.

Xét nguyên tố nào đó có hoá trị n, nguyên tử gam là A.

Điện tích mỗi iôn: $q_1 = n|q_e|$

Khối lượng mỗi iôn: $m_1 = \dfrac{A}{N_A}$ xấp xỉ bằng khối lượng nguyên tử vì (electrôn có khối lượng nhỏ hơn nhiều so với khối lượng hạt nhân).

Giả sử trong thời gian t có N ion tới điện cực, khi đó:

Khối lượng chuyển tới điện cực: $m = Nm_1 = N\dfrac{A}{N_A}$ (1)

Điện lượng chuyển tới điện cực: $q = Nq_1 = Nn|q_e|$ (2)

Lập tỉ số ta được: $\dfrac{m}{q} = \dfrac{1}{N_A|q_e|}.\dfrac{A}{n} \Rightarrow m = \dfrac{1}{N_A|q_e|}.\dfrac{A}{n}q$

Tích $N_A|q_e|$ chính là số Farađây: $F = N_A|q_e|$

$F = 6{,}022.10^{23}.1{,}6.10^{-19} = 96352$ Culông/mol ≈ 96.500

Theo đó: $m = \dfrac{1}{96500}.\dfrac{A}{n}q$. Đây chính là công thức Faraday.

**2.** Theo công thức Faraday: $m = k.\dfrac{A}{n}.q = \dfrac{1}{F}.\dfrac{A}{n}.q$

Muốn giải phóng khối lượng $m = \dfrac{A}{n}$(kg) của một đơn chất cần có điện lượng $q = F = 9{,}65.10^7$ C là điện tích của các iôn tạo thành trong A (kg) chất đó. A (kg) là khối lượng của một kmol nguyên tử, gồm $6{,}02.10^{26}$ nguyên tử.

$9{,}65.10^7$ C là điện tích của $\dfrac{6{,}02.10^{26}}{n}$ ion.

Điện tích mỗi ion có hoá trị I: $e = \dfrac{9{,}65.10^7}{6{,}02.10^{26}} = 1{,}6\ .10^{-19}$ C.

Điện tích của ion hoá trị 1 là điện tích nguyên tố: $e = 1{,}6.10^{-19}$ C.

**3.** Khối lượng niken bám vào tấm kim loại: $m = SdD$.

Thay vào công thức Faradây: $m = \dfrac{1}{F}\dfrac{A}{n}It$ ta được:

$$SdD = \frac{1}{F}\frac{A}{n}It \Rightarrow I = \frac{dSDFn}{At} \approx 2{,}47A.$$

**4.** Từ công thức Faradây. $m = \dfrac{1}{F}.\dfrac{A}{n}.It$ và khối lượng $m = dSD$.

Ta có: $dSD = \dfrac{1}{F}.\dfrac{A}{n}.It \Rightarrow$ Mật độ dòng điện: $\dfrac{I}{S} = \dfrac{d.D.F.n}{A.t}$.

Thay số: $\dfrac{I}{S} = \dfrac{0{,}03.10^{-3}.8{,}9.10^3.9{,}65.10^7.2}{58.2.3600} = 123{,}4A/m^2$.

**5.** a) Phân tích: Trong dung dịch, $H_2SO_4$ bị phân li theo phản ứng:

$$H_2SO_4 = 2H^+ + \Sigma O_4^{-2}$$

Các iôn $H^+$ chuyển động theo chiều dòng điện về catốt nhận thêm electrôn tạo thành khí bay lên: $H^+ + e^- = H$; $2H = H_2\uparrow$.

Vậy khí hyđrô bay lên ở catốt.

Iôn $\Sigma O_4^{-2}$ chuyển động ngược chiều dòng điện về anốt, nhường cho anốt $2e^-$ : $\Sigma O_4^{-2} - 2e^- = SO_4$.

Gốc $SO_4$ không tác dụng được với Pt nên tác dụng với dung môi nước ($H_2O$) theo phản ứng: $SO_4 + H_2O = H_2SO_4 + \dfrac{1}{2}O_2\uparrow$.

Vậy khí ôxy bay lên ở anốt.

Chú ý: Trong hiện tượng điện phân này, nước bị phân tích thành hyđrô và ôxy, lượng $H_2SO_4$ vẫn không đổi. Điện năng chuyển thành hóa năng, nên bình điện phân được coi như một máy thu điện.

Khối lượng hyđrô thu được ở catốt: $m_1 = \dfrac{1}{F}\dfrac{A_1}{n_1}It = 0{,}1g$.

Ở điều kiện tiêu chuẩn: $V_1 = \dfrac{0{,}1}{2}.22{,}4 = 1{,}12$ lít.

Khối lượng ôxy thu được ở anốt: $m_2 = \frac{1}{F}\frac{A_2}{n_2}It = 0{,}8g$.

Ở điều kiện tiêu chuẩn: $V_1 = \frac{0{,}8}{32}.22{,}4 = 0{,}56$ lít.

**6.** a) Điện trở đoạn MN: $R_{MN} = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = \frac{12.4}{12+4} = 3\Omega$.

Số chỉ của ampe kế: $I = \frac{E}{R_A + R_{MN} + R_3 + r} = 2A$.

b) Hiệu điện thế giữa M và N: $U_{MN} = IR_{MN} = 2.3V = 6V$

Dòng điện qua bình điện phân: $I_2 = \frac{U_{MN}}{R_2} = \frac{6}{4} = 1{,}5A$.

c) Khối lượng hao mòn của cực dương: $m = \frac{1}{96.500}\frac{A}{n}I_2t$

Thay số: $m = \frac{1}{96.500}.\frac{64}{2}.1{,}5.965 = 0{,}48g$.

**7.** a) Điện trở đoạn MN: $R_{MN} = \frac{R_1R_{23}}{R_1 + R_{23}} = \frac{3.2}{3+2} = 1{,}2\Omega$.

Điện trở toàn mạch: $R = \frac{E}{I} = \frac{4{,}5}{1} = 4{,}5\Omega$.

Điện trở $R_x$: $R_x = R - r - R_{MN} = 4{,}5 - 0{,}75 - 1{,}2 = 2{,}55\Omega$.

b) Hiệu điện thế: $U_{MN} = IR_{MN} = 1.1{,}2 = 1{,}2V$.

Dòng điện qua bình điện phân: $I_3 = \frac{U_{MN}}{R_3} = \frac{1{,}2}{4} = 0{,}3A$.

c) Khối lượng Cl được giải phóng:

$$m = \frac{1}{96.500}.\frac{A}{n}I_3t = \frac{1}{96.500}.\frac{35{,}5}{1}.0{,}3.965 = 0{,}1065g.$$

Ở điều kiện chuẩn: $V = \frac{m}{71}.22{,}4 = \frac{0{,}1065}{71}.22{,}4 = 0{,}03364$ lít.

**8.** a) Kim điện kế G chỉ 0 nghĩa là mạch cầu cân bằng.

Ta có: $\frac{R_x}{R_1} = \frac{R_3}{R_2} \Rightarrow R_x = R_1.\frac{R_3}{R_2} = \frac{4.1{,}5}{6} = 1\Omega$.

b) Khi thay $R_x$ bằng bình điện phân, kim điện kế vẫn chỉ số 0 nghĩa là điện trở của bình đúng bằng $R_x = 1\Omega$.

Vì điện trở trong r = 0 nên: $U_{MN} = \mathcal{E} = 2V$.

Dòng điện qua bình điện phân: $I_x = \dfrac{U_{MN}}{R_x + R_3} = \dfrac{2}{1 + 1{,}5} = 0{,}8A$.

Khối lượng bạc giải phóng ở cực âm: $m = \dfrac{1}{96.500}.\dfrac{A}{n}I_x t$

Thay số: $m = \dfrac{1}{96.500}\dfrac{108}{1}.0{,}8.2.965 = 1{,}728g$.

**9.** a) Trong bình điện phân $CuSO_4$: $m_1 = \dfrac{1}{F}.\dfrac{A_1}{n_1}.q$.

Trong bình điện phân $AgNO_3$: $m_2 = \dfrac{1}{F}.\dfrac{A_2}{n_2}.q$

Ta có: $m = m_1 + m_2 = \dfrac{1}{F}.\dfrac{A_1}{n_1}.q + \dfrac{1}{F}.\dfrac{A_2}{n_2}.q = \dfrac{q}{F}(\dfrac{A_1}{n_1} + \dfrac{A_2}{n_2})$

$\Rightarrow$ Điện lượng: $q = \dfrac{mFn_1n_2}{n_2A_1 + n_1A_2} = \dfrac{2{,}8.10^{-3}.9{,}65.10^7.2.1}{2.108 + 1.64} = 1930C$.

Ta có: $m = m_1 + m_2 = 2{,}8g$ (1)

Mặt khác: $\dfrac{m_1}{m_2} = \dfrac{A_1n_2}{A_2n_1} = \dfrac{108}{64.2} = 0{,}84$ (2)

Từ (1) và (2) $\Rightarrow m_1 = 2{,}16g$ và $m_2 = 0{,}64g$.

b) Từ $I = \dfrac{q}{t} \Rightarrow$ Thời gian $t = \dfrac{q}{I} = \dfrac{1930}{0{,}5} = 3860s$.

**10.** a) Điện trở của dung dịch điện phân tỉ lệ với khoảng cách từ anốt đến các catốt. Ta có: $R_1 = \rho\dfrac{d_1}{S}$ và $R_2 = \rho\dfrac{d_2}{S}$.

Vì $d_1 \neq d_2$ nên $R_1 \neq R_2 \Rightarrow$ cường độ dòng điện qua các catốt là khác nhau, do đó trong cùng thời gian, khối lượng bạc bám vào các catốt cũng khác nhau.

b) Ta có: $R_1 = \rho\dfrac{d_1}{S} = 0{,}9\Omega$; $R_2 = \rho\dfrac{d_2}{S} = 1{,}8\Omega$.

Điện trở của bình điện phân: $R = \dfrac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = \dfrac{0{,}9.1{,}8}{0{,}9 + 1{,}8} = 0{,}6\Omega$.

Dòng điện qua bình điện phân: $I = \dfrac{\mathcal{E}}{R + r} = \dfrac{5}{0{,}6 + 0{,}4} = 5A$.

Khối lượng bạc bám trên catốt $C_1$: $m_1 = \frac{1}{F}.\frac{A}{n}.I_1t$ (1)

Khối lượng bạc bám trên catốt $C_2$: $m_2 = \frac{1}{F}.\frac{A}{n}.I_2t$ (2)

Khối lượng bạc bám trên các catốt $C_1$ và $C_2$ trong 1 giờ:

$$m_1 + m_2 = \frac{1}{F}.\frac{A}{n}.I_1t + \frac{1}{F}.\frac{A}{n}.I_2t = \frac{1}{F}.\frac{A}{n}.(I_1 + I_2)t = \frac{1}{F}.\frac{A}{n}.It$$

Thay số: $m = \frac{1}{9,65.10^7}.\frac{108}{1}.5.3600 = 0,02g$.

Chú ý rằng, từ (1) và (2) suy ra: $\frac{m_1}{m_2} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = 2$.

$\Rightarrow$ $m_1 = 0,0133g$ và $m_2 = 0,0067g$.

# §20-21. SỰ PHÓNG ĐIỆN TRONG CHẤT KHÍ Ở ÁP SUẤT BÌNH THƯỜNG

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Sự phóng điện trong chất khí

- Ở điều kiện bình thường, không khí là điện môi.

- Khi bị đốt nóng, không khí trở nên dẫn điện. Đó là sự phóng điện trong không khí.

### 2. Bản chất dòng điện trong chất khí

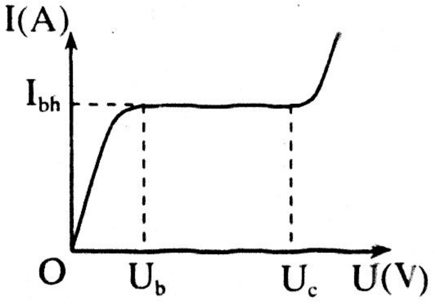
Dòng điện trong chất khí là dòng điện dịch chuyển có hướng của các ion dương theo chiều điện trường và các ion âm, êlectron ngược chiều điện trường.

### 3. Sự phụ thuộc của dòng điện trong chất khí và hiệu điện thế

Đặc tuyến vôn- ampe trên hình 83.

- Đặc tuyến vôn - ampe không phải là đường thẳng, tức là dòng điện trong chất khí không tuân theo định luật Ôm cho điện trở thuần.

- Khi $U \geq U_b$, cường độ dòng điện giữ nguyên giá trị bằng $I_{bh}$, dù U tăng. Ta nói dòng điện trong chất khí đạt trị số bão hoà $I_{bh}$.



*Hình 83*

- Nhưng khi $U > U_c$, thì cường độ dòng điện tăng vọt lên.

- Khi $U > U_c$ thì, dù có ngừng tác dụng của tác nhân ion hoá, sự phóng điện vẫn được duy trì. Ta nói rằng có sự phóng điện tự duy trì.

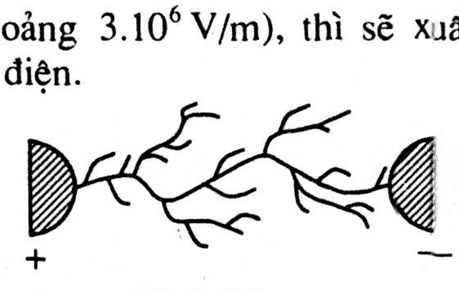
- Quá trình phóng điện trong chất khí thường kèm theo sự phát sáng.

### 4. Các dạng phóng điện trong chất khí ở điều kiện thường

***a) Tia lửa điện***

Khi hiệu điện thế giữa hai điện cực đặt trong không khí có trị số lớn, tạo ra một điện trường rất mạnh (có cường độ khoảng $3.10^6$ V/m), thì sẽ xuất hiện sự phóng điện hình tia, còn gọi là tia lửa điện.

Tia lửa điện không có dạng nhất định, thường là một chùm tia ngoằn ngoèo, có nhiều nhánh (hình 84). Tia lửa điện thường kèm theo tiếng nổ; trong không khí sinh ra ozôn có mùi khét.



*Hình 84*

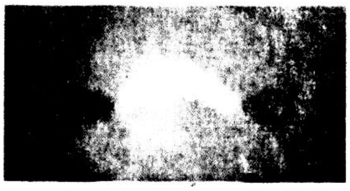
Khảo sát hình ảnh tia lửa điện ta thấy nó không liên tục, mà gián đoạn: một điểm sáng phát triển nhanh thành tia và xuyên qua khoảng không gian phóng điện rồi tắt, một tia thứ hai xuất hiện nữa rồi lại tắt, và cứ như thế mà tiếp tục tia thứ ba, tia thứ tư... trong quá trình phóng điện hình tia, ngoài sự ion hoá do va chạm, còn có sự ion hoá do tác dụng của bức xạ phát ra trong tia lửa điện.

***b) Sét***

Sét là tia lửa điện khổng lồ phát sinh do sự phóng điện giữa các đám mây tích điện trái dấu hoặc giữa một đám mây tích điện với mặt đất. Hiệu điện thế gây ra sét có thể đạt tới $10^8$ - $10^9$ V và cường độ dòng điện của sét có thể đạt tới 10 000 - 50 000 A. Sự phát tia lửa của sét làm áp suất không khí tăng đột ngột, gây ra tiếng nổ, gọi là tiếng sấm (nếu phóng điện giữa hai đám mây), hoặc tiếng sét (nếu phóng điện giữa đám mây và mặt đất).

***c) Hồ quang điện***

Ví dụ phổ biến về hồ quang là sự phóng điện của hai đầu đặt gần nhau của hai thanh than nối vào nguồn điện, có hiệu điện thế 40V – 50 V. Thoạt tiên, người ta cho hai đầu của của các thanh than chạm nhau, sau đó tách chúng ra một khoảng ngắn. Khi đó, ta thấy giữa hai đầu thanh than phát ra ánh sáng chói loà. (hình 85)



*Hình 85*

Nhìn qua kính đen bảo vệ mắt, ta thấy phần lớn ánh sáng chói phát ra từ hai đầu than, tức là từ cực dương và cực âm của hồ quang. Giữa hai cực đó có một lưỡi kiềm sáng yếu hơn, do chất khí than bị đốt cháy. Cực dương bị ăn mòn và hơi bị lõm vào. Cường độ dòng điện trong mạch có thể khá lớn, đạt hàng chục ampe.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Phân tích quá trình phóng điện trong chất khí ở điều kiện thường. Vì sao muốn có hiện tương phóng điện xảy ra cần phải có tác nhân iôn hóa chất khí?
2. Hãy so sánh sự dẫn điện của chất khí và chất điện phân ở điều kiện bình thường.
3. Dòng diện trong chất khí có tuân theo định luật Ôm không? Kết quả nào cho biết điều đó?
4. Để chống sét, người ta phải làm như thế nào?

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Trong điều kiện bình thường, chất khí hầu như gồm những nguyên tử hay phân tử trung hoà về điện. Chất khí là điện môi.

   Để tạo ra sự phóng điện trong chất khí người ta phải làm xuất hiện các hạt mang điện trong chất khí bằng cách dùng các tác nhân iôn hóa. Một trong các cách đó là đốt nóng chất khí, hoặc dùng các loại bức xạ, như tia tử ngoại, tia Rơn-ghen tác động vào môi trường khí, khi đó, một số nguyên tử hoặc phân tử khí mất bớt êlectron và trở thành ion dương. Trong các êlectron mới được tạo thành nhờ tác nhân ion hoá, một số chuyển động tự do, một số khác kết hợp với nguyên tử hay phân tử trung hoà tạo thành ion âm. Như vậy, nhờ các tác nhân ion hoá mà trong chất khí xuất hiện những hạt mang điện tự do: êlectron, ion dương, ion âm.

Trong khi chuyển động nhiệt hỗn loạn, một số êlectron có thể kết hợp lại với ion dương và va chạm, để trở thành phân tử trung hoà. Quá trình này gọi là sự tái hợp. Nếu tác dụng của tác nhân ion hoá không thay đổi, thì mật độ ion và êlectron tự do được tạo ra trong mỗi giây trong chất khí có trị số xác định. Bình thường các ion và các êlectron này chuyển động nhiệt hỗn độn, nên không tạo ra dòng điện trong chất khí.

Đặt một hiệu điện thế vào khối khí đã bị ion hoá, thì các êlectron và ion chuyển động có hướng (do tác dụng của điện trường, nhưng chúng vẫn chuyển động nhiệt hỗn độn): các êlectron và các ion âm chuyển động về phía cực dương (anôt), còn các ion dương chuyển động về phía cực âm (catôt), tạo nên dòng điện trong chất khí.

**2.** Ở điều kiện bình thường, chất khí hầu như gồm những nguyên tử hay phân tử trung hoà về điện nên chất chất khí là điện môi. Muốn chất khí trở thành dẫn điện thì cần phải có tác nhân iôn hóa chất khí để làm xuất hiện các hạt tải điện. Trong khi đó, đối với chất điện phân, do quá trình phân li và quá trình tái hợp luôn diễn ra nên trong dung dịch điện phân luôn tồn tại các hạt tải điện, đó là các iôn dương và iôn âm, các chất điện phân là chất dẫn điện tốt. Nói chung, ở điều kiện bình thường, chất điện phân dẫn điện tốt hơn chất khí.

**3.** Dòng diện trong chất khí không tuân theo định luật Ôm. Điều đó thể hiện ở chỗ đường đặc trưng vôn-ampe của dòng điện trong chất khí không phải là đường thẳng.

**4.** Để chống sét, người ta làm cột chống sét. Đó là những cột nhọn bằng kim loại, đặt lên chỗ cao của nhà, hoặc các công trình xây dựng v.v... và được nối cẩn thận với đất bằng dây dẫn. Khi có cơn giông, điện tích của đám mây sẽ qua cột chống sét và dây dẫn xuống đất một cách từ từ, không gây ra hiện tượng sét.

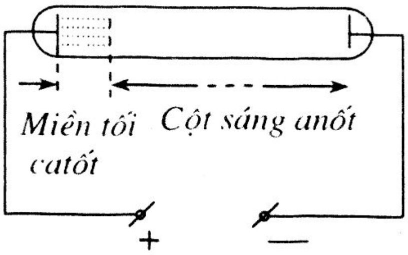
# §22-23. SỰ PHÓNG ĐIỆN TRONG CHẤT KHÍ Ở ÁP SUẤT THẤP. DÒNG ĐIỆN TRONG CHÂN KHÔNG

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Sự phóng điện trong chất khí ở áp suất thấp

Dùng một ống thuỷ tinh có hai điện cực bằng kim loại (hình 41.1), ống này được nối với một bơm hút để có thể làm giảm dần áp suất trong ống.

Kết quả thí nghiệm cho thấy: Khi áp suất chất khí vào khoảng từ 1 đến 0,01 mmHg và hiệu điện thế giữa hai cực vào khoảng vài trăm vôn, sự phóng điện có dạng như hình 86.



*Hình 86*

Ta thấy có hai miền chính, ngay ở gần mặt catôt có một miền tối gọi là miền tối catôt; phần còn lại của ống, cho đến anôt, là miền sáng, thường gọi là cột sáng anôt. Vì vậy, sự phóng điện này được gọi là sự phóng điện thành miền.

### 2. Tia catôt (tia cực âm)

*a) Tia cactôt*

Tia catốt thực chất là dòng êlectron phát ra từ catôt có vận tốc lớn.

*b) Tính chất của tia catôt*

- Tia catôt truyền thẳng, nếu không có tác dụng của điện trường hay từ trường.
- Tia catôt phát ra vuông góc với mặt catôt.
- Tia catôt mang năng lượng.
- Tia catôt có thể đâm xuyên các lá kim loại mỏng (có chiều dày từ 0,003 - 0,03 mm), có tác dụng lên kính ảnh và có khả năng ion hoá không khí.
- Tia catôt làm phát quang một số chất khi đập vào chúng.
- Tia catôt bị lệch trong điện trường, từ trường.
- Tia catôt và nói chung là chùm tia êlectron có vân tốc lớn, khi đập vào các vật có nguyên tử lượng lớn (như platin), bị hãm lại và phát ra tia Rơn-ghen.

### 3. Dòng điện trong chân không

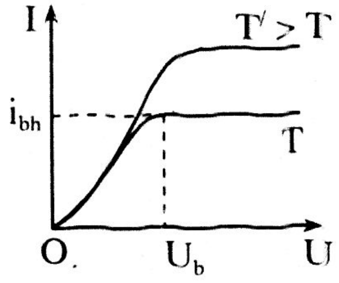
Chân không lí tưởng là một môi trường trong đó không có một phân tử khí nào. Trong thực tế, khi ta làm giảm áp suất chất khí trong ống đến mức (khoảng dưới 0,0001 mmHg) để phân tử khí có thể chuyển động từ thành nọ sang thành kia của ống mà không va chạm với các phân tử khác thì ta nói rằng trong ống là chân không.

### 4. Bản chất dòng điện trong chân không

Dòng điện trong chân không là dòng dịch chuyển có hướng của các êlectron bứt ra từ catôt bị nung nóng.

### 5. Sự phụ thuộc của cường độ dòng điện trong chân không và hiệu điện thế

Khảo sát sự phụ thuộc của cường độ dòng điện trong chân không vào hiệu điện thế U đặt giữa anôt và catôt người ta thu được đặc tuyến vôn-ampe có dạng như hình 87.



*Hình 87*

- Đặc tuyến vôn - ampe không phải là đường thẳng. Như vậy dòng điện trong chân không không tuân theo định luật Ôm.

- Khi $U \geq U_b$ thì $I = I_{bh}$ : cường độ dòng dòng điện qua ống đạt giá trị lớn nhất gọi là cường độ dòng điện bão hoà. Nhiệt độ catôt càng cao (T' > T), thì cường độ dòng điện bão hoà $I_{bh}$ càng lớn.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hãy giải thích sự hình thành miền tối catốt và cột sáng anốt trong ống thủy tinh khi có sự phóng điện dưới áp suất thấp.
2. Giải thích tại sao trong sự phóng điện trong chân không, nếu nhiệt độ catôt càng cao thì cường độ dòng điện bão hoà càng lớn?
3. Một trong những ứng dụng của sự phóng điện thành miền là việc chế tạo ra đèn ống (còn gọi là đèn nêôn). Về mặt lí thuyết, trong sự phóng điện thành miền luôn xuất hiện miền sáng và miền tối riêng biệt. Nhưng tại sao trong các đèn ống khi thắp sáng, ta lại không quan sát được những miền sáng, tối đó. Hãy giải thích.
4. Để có dòng điện trong chân không, người ta phải làm bứt electrôn ra khỏi catốt. Một trong những phương pháp để thực hiện việc này là nung nóng catốt. Hãy giải thích vì sao khi nung nóng thì electrôn có thể bứt ra khỏi bề mặt catốt?
5. Tác dụng chính của điôt điện tử (còn gọi là đèn điện tử hai cực) là gì? Nó được ứng dụng như thế nào trong kĩ thuật? Hãy tìm hiểu và cho biết so với đèn điện tử hai cực thì đèn điện tử ba cực có gì khác về mặt cấu tạo và công dụng.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Lúc đầu, do nhiều nguyên nhân khác nhau (tác dụng của tia tử ngoại, tia vũ trụ ...) mà chất khí trong ống luôn có sẵn một số iôn. Nhờ có độ giảm điện thế lớn ở miền tối catốt mà các iôn dương thu động năng khá lớn khi chuyển động đến catốt. Khi đập vào catốt, chúng làm bứt các electrôn từ

catốt ra bề mặt catốt và chuyển động về phía anốt dưới tác dụng của điện trường. Vì áp suất khí trong ống thấp nên các electrôn đó vượt qua được một khoảng dài mà chưa va chạm với các phân tử khí, do đó hình thành miền tối catốt.

Sau khi vượt qua miền tối catốt, các electrôn lại thu được động năng đủ lớn để iôn hóa các phân tử khí khi va chạm, từ đó bắt đầu hình thành cột sáng anốt. Nguyên nhân là do trong quá trình iôn hóa và kích thích các phân tử khí có kèm theo sự phát quang, tạo nên cột sáng anốt.

**2.** Khi nhiệt độ catốt càng cao thì khả năng phát xạ nhiệt electrôn càng lớn. Trong một đơn vị thời gian, số electrôn về được anốt cũng càng lớn nên cường độ dòng điện bão hòa cũng càng lớn.

**3.** Trên thực tế, đèn ống sử dụng với hiệu điện thế xoay chiều (thường là 220V). Đó là dòng điện có chiều và trị số thay đổi liên tục, nếu trong một nửa chu kì này, một cực nào đó là catốt thì trong nửa chu kì tiếp theo cực đó lại là anốt. Với tần số của dòng điện là 50Hz sự thay đổi này là khá nhanh nên ta không phân biệt được các miền sáng tối trong đèn ống mà có cảm giác ánh sáng phát ra đều đặn tại mọi điểm trong ống.

**4.** Khi bị đốt nóng, vận tốc chuyển động nhiệt của các electrôn tự do bên trong kim loại dùng làm catốt tăng nhanh. Một số electrôn thu được động năng đủ lớn có thể thoát ra khỏi bề mặt kim loại. Quá trình này gọi là sự phát xạ nhiệt electrôn.

**5.** Điốt điện tử có đặc điểm chỉ dẫn điện theo một chiều nhất định từ anốt sang catốt mà không dẫn điện theo chiều ngược lại. Đặc tính này được ứng dụng trong các mạch chỉnh lưu dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều.

So với điốt điện tử (đèn điện tử hai cực), đèn điện tử ba cực có thêm một cực lưới, nhờ đó đèn điện tử ba cực có tác dụng điều khiển được dòng điện trong đèn. Nhờ có tác dụng quan trọng này mà ứng dụng quan trọng nhất của đèn điện tử ba cực là lắp các mạch khuếch đại trong vô tuyến điện tử.

# §24-25. DÒNG ĐIỆN TRONG BÁN DẪN. DỤNG CỤ BÁN DẪN

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Tính chất điện của bán dẫn

* Bán dẫn điển hình và được sử dụng rộng rãi nhất là silic (Si). Ngoài ra, còn các bán dẫn đơn chất khác như Ge, Se, các bán dẫn hợp chất như GaAs, CdTe, Zns..., nhiều ôxit, sunfua, sêlenua, telurua ...

* Bán dẫn có những tính chất khác biệt so với kim loại.

- Điện trở suất ρ của bán dẫn có giá trị trung gian giữa kim loại và điện môi.

- Điện trở suất của bán dẫn giảm mạnh khi nhiệt độ tăng (hình 43.2). Do đó ở nhiệt độ thấp, bán dẫn dẫn điện rất kém (giống điện môi), còn ở nhiệt độ cao, bán dẫn dẫn điện khá tốt (giống kim loại).

- Tính chất điện của bán dẫn phụ thuộc rất mạnh vào các tạp chất có mặt trong tinh thể.

### 2. Sự dẫn điện của bán dẫn tinh khiết

Dòng điện trong bán dẫn là dòng chuyển dời có hướng của các êlectron và lỗ trống.

Ở bán dẫn tinh khiết, số êlectron và số lỗ trống bằng nhau. Sự dẫn điện trong trường hợp này gọi là sự dẫn điện riêng của bán dẫn. Bán dẫn tinh khiết còn được gọi là bán dẫn loại i.

- Nhiệt độ càng cao thì số êlectron và lỗ trống càng lớn. Do đó, độ dẫn điện của bán dẫn tăng khi nhiệt độ tăng. Người ta ứng dụng sự phụ thuộc mạnh của điện trở bán dẫn vào nhiệt độ để làm nhiệt điện trở bán dẫn.

- Cặp êlectron - lỗ trống còn phát sinh khi ta chiếu ánh sáng có bước sóng thích hợp vào bán dẫn. Do đó, điện trở suất của bán dẫn giảm khi có ánh sáng thích hợp chiếu vào. Đó là hiện tượng quang dẫn. Hiện tượng này được ứng dụng để làm quang điện trở bán dẫn; điện trở của nó giảm khi cường độ ánh sáng tăng.

### 3. Sự dẫn điện của bán dẫn có tạp chất

***a) Bán dẫn loại n***

Trong bán dẫn loại n, êlectron là hạt mang điện cơ bản (hay đa số), lỗ trống là hạt mang điện không cơ bản (hay thiểu số).

***b) Bán dẫn loại p***

Trong bán dẫn loại p, lỗ trống là hạt mang điện cơ bản, êlectron là hạt mang điện không cơ bản.

## 4. Lớp chuyển tiếp p-n

Lớp chuyển tiếp p-n được hình thành khi ta cho hai mẫu bán dẫn khác loại, loại p và loại n, tiếp xúc với nhau.

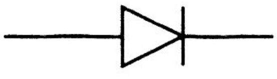
Dòng điện qua lớp chuyển tiếp p-n mắc theo chiều thuận (từ p sang n) có cường độ lớn, dòng điện qua lớp chuyển tiếp p-n mắc theo chiều ngược có cường độ rất nhỏ. Lớp chuyển tiếp p-n dẫn điện tốt theo một chiều, từ p sang n, ta nói lớp chuyển tiếp p-n có tính chất chỉnh lưu.

## 5. Một số dụng cụ bán dẫn

### *a) Điôt*

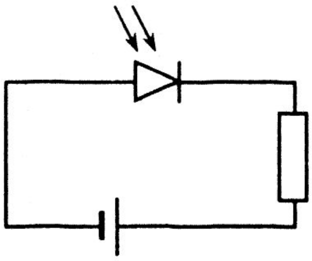
Điôt là dụng cụ bán dẫn hai cực, trong đó có một lớp chuyển tiếp p-n.

Điôt chỉnh lưu dùng để chỉnh lưu dòng điện xoay chiều. Nó hoạt động trên cơ sở tính chất chỉnh lưu của lớp chuyển tiếp p-n. Điôt bán dẫn kí hiệu như hình 88.



*Hình 88*

### *b) Phôtôđiôt*



*Hình 89*

Ánh sáng có bước sóng thích hợp chiếu vào lớp chuyển tiếp p-n tạo thêm các cặp êlectron-lỗ trống. Do đó, nếu mắc điôt vào hiệu điện thế ngược, thì dòng ngược qua lớp chuyển tiếp p-n tăng lên rõ rệt khi có ánh sáng.

Ánh sáng càng mạnh thì cường độ dòng ngược càng lớn. Người ta ứng dụng điều này để chế tạo ra phôtôđiôt (hay điôt quang), dùng làm cảm biến ánh sáng (hình 89). Phôtôđiôt biến đổi tín hiệu ánh sáng thành tín hiệu điện.

### *c) Pin mặt trời*

Điôt được cấu tạo sao cho khi chiếu sáng, nó trở thành một nguồn điện, với phía p là cực dương, phía n là cực âm gọi là pin quang điện.

Hiện nay các tấm pin quang điện làm bằng Si được dùng rộng rãi để chuyển năng lượng ánh sáng mặt trời thành điện. Đó là những pin mặt trời.

### *d) Điôt phát quang*

Nếu điôt được chế tạo từ những vật liệu bán dẫn thích hợp, thì khi dòng điện thuận chạy qua điôt, ở lớp chuyển tiếp p-n có ánh sáng phát ra. Đó là điôt phát quang (còn gọi là LED). Màu sắc của ánh sáng phát ra tuỳ thuộc các bán dùng làm điôt và cách pha tạp chất vào các bán dẫn đó. Điôt phát quang được dùng làm các bộ hiển thị, đèn báo, trong các màn hình quảng cáo.

### *e) Pin nhiệt điện bán dẫn*

Cặp nhiệt điện làm từ hai thanh bán dẫn khác loại (n và p) có thể có hệ số $\alpha$ lớn hơn hàng trăm lần so với ở cặp nhiệt điện kim loại.

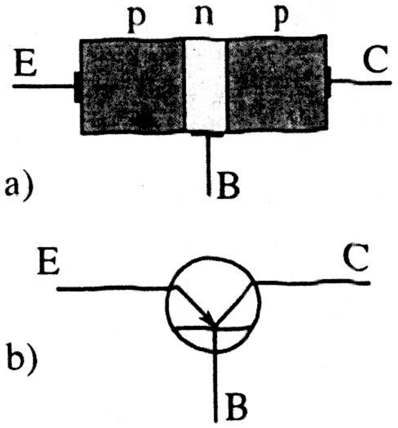
Ở dãy các thanh nhiệt điện làm từ những thanh bán dẫn loại n và loại p xen kẽ nhau, người ta còn quan sát thấy rất rõ hiện tượng nhiệt điện ngược, tức là khi cho dòng điện chạy qua một dãy như vậy, thì các mối hàn hoặc là nóng lên hoặc là lạnh đi; các mối hàn nóng và lạnh xen kẽ nhau. Hiện tượng này được ứng dụng các thiết bị làm lạnh gọn, nhẹ, hiệu quả cao dùng trong khoa học, y học...

***f) Tranzito***

Tranzito là một dụng cụ bán dẫn có hai lớp chuyển tiếp p-n.

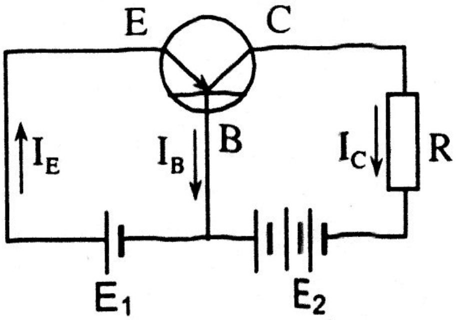
Tranzito được tạo thành từ một mẫu bán dẫn, trên đó bằng cách khuyếch tán các tạp chất, người ta tạo thành ba khu vực bán dẫn, theo thứ tự là p-n-p hoặc n-p-n. Khu vực ở giữa có chiều dày rất nhỏ (vài micrômet) và có nồng độ hạt mang điện thấp.

Hình 90a mô tả cấu tạo của một tranzito p-n-p. Ba cực của tranzito được nối với ba khu vực, và được gọi là cực phát E (hay emitơ), cực gốc B (hay bazơ) và cực góp C (hay côlectơ). Trong các sơ đồ mạch điện tử, tranzito được kí hiệu như trên hình 90b.



*Hình 90*

Để tranzito làm việc được, người ta mắc nó vào mạch như trên hình 91. Nguồn điện $E_1$ làm cho qua lớp chuyển tiếp E-B có dòng điện theo chiều thuận. Nguồn điện $E_2$ với $E_2$ thường lớn hơn $E_1$ từ 5 đến 10 lần, đặt vào lớp chuyển tiếp B - C một hiệu điện thế ngược.

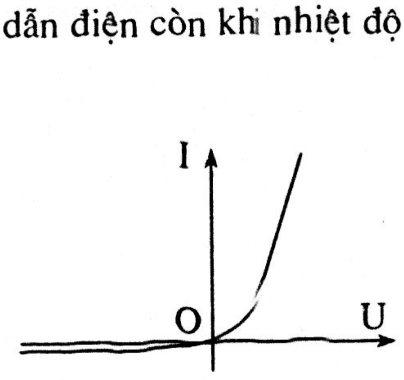


*Hình 91*

Tranzito được dùng trong các mạch khuếch đại. Ngoài ra, người ta còn chế tạo tranzito trường, vi mạch khuếch đại, vi mạch lôgíc ...

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Tại sao ở nhiệt độ thấp, bán dẫn tinh khiết không dẫn điện còn khi nhiệt độ cao, tính dẫn điện lại tăng mạnh?
2. Phân tích sự hình thành lớp chuyển tiếp p-n và đặc điểm của dòng điện qua lớp chuyển tiếp p-n.
3. Trên hình 92 là đường đặc trưng vôn-ampe của lớp chuyển tiếp p-n. Đường đặc trưng này cho biết điều gì?
4. Nêu sự khác nhau về tác dụng của điốt chỉnh lưu và phôtôđiốt.



*Hình 92*

5. Hãy cho biết trong các điốt phát quang, cấu tạo của chúng có gì đặc biệt? Màu sắc của ánh sáng do chúng phát ra phụ thuộc vào yếu tố nào? Chúng được dùng ở đâu?

6. Tại sao trong thực tế, các pin nhiệt điện dùng trong thực tế đều được làm bằng bán dẫn?

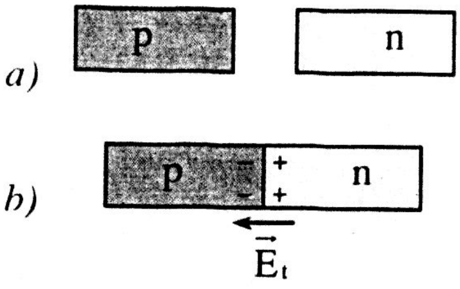
## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Ở nhiệt độ thấp, gần 0K, các êlectron hoá trị gắn bó chặt chẽ với các nguyên tử ở nút mạng nên trong tinh thể không có hạt mang điện tự do, bán dẫn không dẫn điện.

Ở nhiệt độ tương đối cao, nhờ dao động nhiệt của các nguyên tử, một số êlectron hoá trị thu thêm năng lượng và được giải phóng khỏi các liên kết, trở thành các êlectron tự do. Chúng có thể tham gia vào sự dẫn điện giống như êlectron dẫn trong kim loại. Đồng thời, khi một êlectron bứt ra khỏi liên kết, thì xuất hiện một liên kết bị trống. Người ta gọi nó là lỗ trống. Lỗ trống mang điện tích nguyên tố dương, vì liên kết thiếu êlectron. Kết quả là trong bán dẫn có các hạt mang điện là electrôn tự do và các lỗ trống. Điều đó làm tính dẫn điện tăng.

2. Lớp chuyển tiếp p-n được hình thành khi ta cho hai mẫu bán dẫn khác loại, loại p và loại n, tiếp xúc với nhau (hình 93).

Khi có sự tiếp xúc, lỗ trống và êlectron khuyếch tán từ mẫu p sang mẫu n và ngược lại. Do ở bán dẫn p, lỗ trống là hạt mang điện đa số nên dòng khuyếch tán từ bán dẫn p sang n chủ yếu là dòng lỗ trống. Lỗ trống từ p sang n tái hợp với êlectron tự do.



*Hình 93*

Kết quả của sự khuyếch tán là ở mặt phân cách giữa hai mẫu bán dẫn, bên phía bán dẫn n có một lớp điện tích dương, bên phía bán dẫn p có một lớp điện tích âm. Tại đó xuất hiện một điện trường trong $\vec{E}_t$, hướng từ phía n sang p, có tác dụng ngăn cản sự khuyếch tán các hạt mang điện đa số (và thúc đẩy sự khuyếch tán các hạt thiểu số). Cường độ của điện trường $\vec{E}_t$ tăng dần, làm cho dòng khuyếch tán của các hạt mang điện đa số giảm dần. Sự khuyếch tán dừng lại khi cường độ điện trường này đạt giá trị ổn định. Ta nói rằng ở chỗ tiếp xúc hai loại bán dẫn đã hình thành lớp chuyển tiếp p-n. Lớp chuyển tiếp có điện trở lớn, vì ở đó hầu như không có hạt mang điện tự do.

Trong thực tế, lớp chuyển tiếp p-n được tạo thành khi người ta pha các tạp chất một cách thích hợp vào các phần khác nhau của một mẫu bán dẫn.

Dòng điện qua lớp chuyển tiếp p-n mắc theo chiều thuận (từ p sang n) có cường độ lớn, dòng điện qua lớp chuyển tiếp p-n mắc theo chiều ngược có cường độ rất nhỏ.

Lớp chuyển tiếp p-n dẫn điện tốt theo một chiều, từ p sang n, ta nói lớp chuyển tiếp p-n có tính chất chỉnh lưu.

**3.** Đường đặc trưng vôn-ampe nêu trên cho biết: Dòng điện tăng nhanh khi hiệu điện thế U đặt vào hai cực p-n là hiệu điện thế thuận ($U > 0$). Nếu hiệu điện thế ngược ($U < 0$) thì gần như không có dòng điện chạy qua lớp chuyển tiếp.

**4.** Điôt chỉnh lưu dùng để chỉnh lưu dòng điện xoay chiều, nó hoạt động trên cơ sở tính chất chỉnh lưu của lớp chuyển tiếp p-n. Trong khi đó, đối với phôtôđiốt, khi có ánh sáng thích hợp chiếu vào lớp chuyển tiếp p-n tạo thêm các cặp êlectron-lỗ trống nên nếu mắc điôt vào hiệu điện thế ngược, thì dòng ngược qua lớp chuyển tiếp p-n tăng lên rõ rệt khi có ánh sáng. Ánh sáng càng mạnh thì cường độ dòng ngược càng lớn. Phôtôđiôt dùng làm cảm biến ánh sáng, biến đổi tín hiệu ánh sáng thành tín hiệu điện.

**5.** Các điôt phát quang được chế tạo từ những vật liệu bán dẫn thích hợp sao cho khi dòng điện thuận chạy qua điôt, ở lớp chuyển tiếp p-n có ánh sáng phát ra. Màu sắc của ánh sáng phát ra tuỳ thuộc các bán dùng làm điôt và cách pha tạp chất vào các bán dẫn đó.

Điôt phát quang được dùng làm các bộ hiển thị, đèn báo, trong các màn hình quảng cáo.

**6.** Cặp nhiệt điện làm từ hai thanh bán dẫn khác loại (n và p) có thể có hệ số $\alpha$ lớn hơn hàng trăm lần so với ở cặp nhiệt điện kim loại. Do đó các pin nhiệt dùng trong thực tế đều được làm bằng bán dẫn (như BiTe, BiSe...).

# Chương 4. TỪ TRƯỜNG

## §26-27. TỪ TRƯỜNG. PHƯƠNG VÀ CHIỀU CỦA LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN

### A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

**1. Tương tác từ**

Các nam châm mà ta thường gặp có hai cực, một cực gọi là cực Bắc kí hiệu là N, cực kia là cực Nam kí hiệu là S.

Tương tác giữa nam châm với nam châm, giữa dòng điện với nam châm và giữa dòng điện với dòng điện gọi là tương tác từ.

**2. Từ trường. Véctơ cảm ứng từ**

Xung quanh thanh nam châm hay xung quanh dòng điện có từ trường. Tính chất cơ bản của từ trường là gây ra lực từ tác dụng lên một nam châm hay một dòng điện đặt trong nó.

Để đặc trưng cho từ trường về mặt gây ra lực từ, ta dùng vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ Phương của nam châm thử nằm cân bằng là phương của vectơ $\vec{B}$. Ta quy ước lấy chiều từ cực Nam sang cực Bắc của nam châm thử là chiều của $\vec{B}$ và gọi độ lớn của $\vec{B}$ là cảm ứng từ.

**3. Điện tích chuyển động và từ trường**

Xung quanh dòng điện có từ trường. Vì vậy có thể suy ra là xung quanh điện tích chuyển động có từ trường. Nói rộng ra, nguồn gốc của từ trường là các điện tích chuyển động.

**4. Đường sức từ**

Đường sức từ là đường cong có hướng được vẽ trong từ trường sao cho vectơ cảm ứng từ bất kì điểm nào trên đường cong cũng có phương tiếp tuyến với đường cong và có chiều trùng với chiều của đường cong tại điểm ta xét.

- Tại mỗi điểm trong từ trường, chỉ vẽ được một đường sức từ đi qua.
- Trong trường hợp nam châm, các đường sức xuất phát từ cực Bắc, tận cùng ở cực Nam; còn trong trường hợp dòng điện, các đường sức từ là những đường cong kín.
- Các đường sức từ không cắt nhau.
- Nơi nào cảm ứng từ lớn hơn thì các đường sức từ ở đó vẽ mau hơn (dày hơn), nơi nào cảm ứng từ nhỏ hơn thì ở đó vẽ thưa hơn.

**5. Từ trường đều**

Từ trường đều là từ trường mà vectơ cảm ứng từ bằng nhau tại mọi điểm. Đường sức của từ trường đều là các đường thẳng song song và cách đều nhau.

### 6. Phương và chiều của lực từ tác dụng lên dòng điện

Lực từ tác dụng lên đoạn dòng điện có phương vuông góc với mặt phẳng chứa đoạn dòng điện và vectơ cảm ứng từ tại điểm khảo sát. Chiều của lực từ xác định theo quy tắc bàn tay trái:

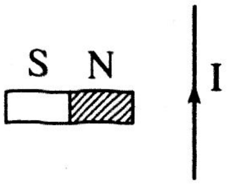
Đặt bàn tay trái sao cho các đường sức từ đâm xuyên vào lòng bàn tay, chiều từ cổ tay đến các ngón tay trùng với chiều dòng điện, thì ngón cái choãi ra $90^0$ chỉ chiều của lực từ tác dụng lên dòng điện.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Đặt một thanh nam châm thẳng gần một đoạn dây dẫn có dòng điện chạy qua như hình 94.

a) Nam châm và dây dẫn có tương tác với nhau không? Vì sao?

b) Nếu đồng thời đổi chiều dòng điện và đổi cực của nam châm thì tương tác giữa chúng có gì thay đổi không?

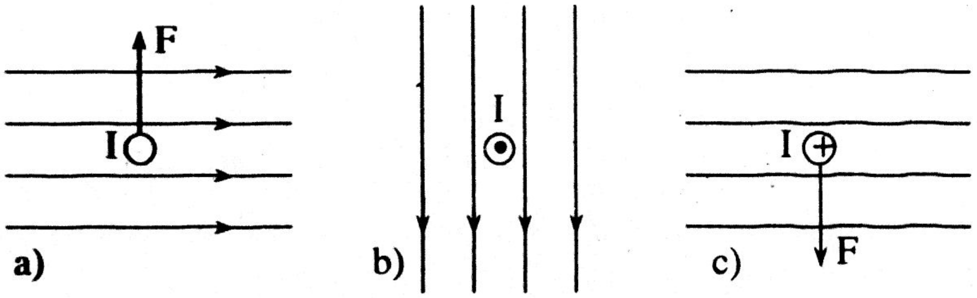


*Hình 94*

2. Có hai thanh kim loại giống hệt nhau A và B, một thanh đã bị nhiễm từ một thanh không bị nhiễm từ. Chỉ với hai thanh này, có thể phân biệt thanh đã nhiễm từ không? Hãy nêu phương án thực hiện.

3. Hãy chứng tỏ rằng các đường cảm ứng của một nam châm không bao giờ cắt nhau.

4. Dựa vào quy tắc bàn tay trái, hãy vẽ thêm cho đầy đủ chiều dòng điện, chiều lực từ và chiều của đường cảm ứng từ trong các hình 95.



*Hình 95*

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. a) Xung quanh nam châm có từ trường, xung quanh dây dẫn có dòng điện chạy qua cũng có từ trường. Nam châm và dây dẫn đặt gần nhau nên chúng tương tác với nhau.

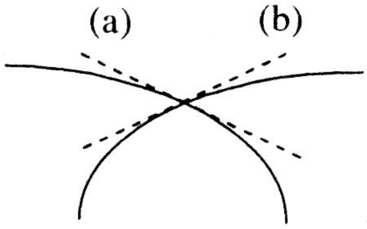
b) Nếu đổi chiều dòng điện và đổi cực của nam châm thì tương tác giữa chúng vẫn không có gì thay đổi.

2. Đối với nam châm thẳng, từ trường mạnh ở những đầu cực từ và yếu hơn ở những điểm gần giữa thanh nam châm. Để xác định thanh kim loại nào đã bị nhiễm từ có thể làm như sau:

Lần lượt đưa một đầu của thanh A lại gần điểm giữa của thanh B, rồi lại đưa một đầu của thanh B lại gần điểm giữa của thanh A. Nếu ở lần nào lực hút mạnh hơn thì thanh đưa lại gần đó là nam châm.

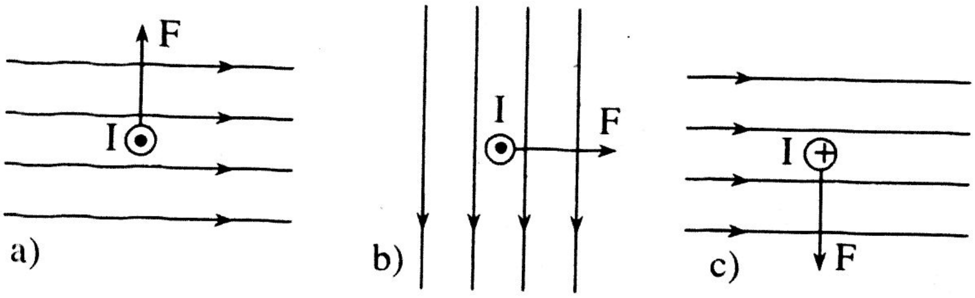
**3.** Giả sử có hai hai đường cảm ứng cắt nhau như hình vẽ 79. Đặt nam châm thử vào điểm cắt đó, nam châm thử sẽ định hướng sao cho trục của nam châm thử vừa tiếp xúc với đường (a), vừa tiếp xúc với đường (b).

Điều này mâu thuẫn với thực nghiệm vì kim nam châm chỉ có thể nằm theo một hướng nhất định. Vậy, các đường cảm ứng từ không thể cắt nhau.



*Hình 96*

**4.** Chiều của đường cảm ứng từ, lực từ và chiều dòng điện biểu diễn trên hình vẽ 97.



*Hình 80*

# § 28. CẢM ỨNG TỪ. ĐỊNH LUẬT AM-PE

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Cảm ứng từ

Độ lớn của lực từ F tác dụng lên đoạn dòng điện AB vừa tỉ lệ với cường độ dòng điện AB vừa tỉ lệ với cường độ dòng điện I qua AB vừa tỉ lệ với chiều dài $\ell$ của đoạn dòng điện đó.

Hệ thức $F = BI\ell$, ở đây B là hệ số tỉ lệ. Với một nam châm nhất định thì thương số $\frac{F}{I\ell} = B$ là một hằng số.

Người ta lấy hằng số B làm đại lượng đặc trưng cho từ trường của nam châm về mặt tác dụng lực.

Ta coi hằng số B là cảm ứng từ của từ trường: $B = \frac{F}{I\ell}$.

Trong hệ SI, đơn vị cảm ứng từ là tesla (T).

### 2. Định luật Am-pe

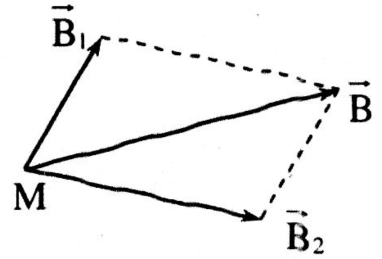
Từ $B = \frac{F}{I\ell} \Rightarrow F = IB\ell$. Công thức nàycho phép xác định độ lớn của lực từ tác dụng lên đoạn dòng điện đặt trong từ trường đều và vuông góc với đường sức từ.

Trong trường hợp đoạn dòng điện và đường sức từ làm thành một góc α, thì: $F = BI\ell\sin\alpha$

Đó là công thức của định luật Am-pe về lực từ tác dụng lên dòng điện.

### 3. Nguyên lí chồng chất từ trường

Từ trường tuân theo nguyên lí chồng chất từ trường. Ta giả sử hệ chỉ có hai nam châm. Tại điểm M, từ trường của nam châm thứ nhất là $\vec{B}_1$ và nam châm thứ hai là $\vec{B}_2$. Gọi $\vec{B}$ là từ trường của hệ thì theo nguyên lí chồng chất từ trường, ta có thể viết : $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$



*Hình 98*

Từ trường tổng hợp được biểu diễn trên hình 98.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một dây dẫn thẳng dài đặt trong từ trường đều có $B = 5.10^{-4}$T. biết dây dẫn mang dòng điện I = 10A đặt vuông góc với véctơ cảm ứng từ và chịu lực từ là $10^{-3}$N. Tính chiều dài đoạn dây dẫn.

2. Một đoạn dây dẫn dài $\ell = 0,5m$ đặt trong từ trường đều sao cho dây dẫn hợp với véctơ cảm ứng từ $\vec{B}$ một góc $\alpha = 45^o$. Biết $B = 4.10^{-3}T$ và dây dẫn chịu một lực từ là $F = 4.10^{-2}N$. Tính cường độ dòng điện trong dây dẫn.

3. Một đoạn dây dẫn MN đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ bằng 0,5 T. Biết MN = 12cm và cường độ dòng điện qua MN bằng 2,5A và lực từ tác dụng lên đoạn dòng điện bằng 0,075 N. Tính góc hợp bởi MN và vectơ cảm ứng từ.

4. Một dây dẫn thẳng dài đặt trong từ trường đều có $B = 8.10^{-3}T$. Biết dây dẫn dài 0,1m đặt vuông góc với véctơ cảm ứng từ và chịu lực từ là $10^{-2}N$. Tính cường độ dòng điện trong dây dẫn.

5. Một đoạn dây dẫn dài $\ell = 0,4m$ đặt trong từ trường đều sao cho dây dẫn hợp với véctơ cảm ứng từ $\vec{B}$ một góc $\alpha = 30^o$. Biết I = 20A, cảm ứng từ $B = 2.10^{-4}T$. Tính lực từ tác dụng lên đoạn dây dẫn.

6. Một đoạn dây dẫn dài $\ell = 0,8m$ đặt trong từ trường đều sao cho dây dẫn hợp với véctơ cảm ứng từ $\vec{B}$ một góc $\alpha = 60^o$. Biết I = 20A và dây dẫn chịu một lực từ là $F = 6.10^{-2}N$. Tính cảm ứng từ B.

7. Một đoạn dây dẫn đặt trong từ trường đều. Khi cường độ dòng điện trong dây dẫn là I thì lực từ tác dụng lên đoạn dây là $F = 7.10^{-2}N$. Nếu cường độ dòng điện là $I' = 5I$ thì lực từ là bao nhiêu?

8. Treo một đoạn dây dẫn có chiều dài $\ell = 5cm$, khối lượng m = 10g bằng hai sợi dây mảnh, nhẹ sao cho dây dẫn nằm ngang. Biết cảm ứng từ của từ trường hướng thẳng đứng xuống dưới, có độ lớn B = 0,5T và dòng điện đi qua dây dẫn là I = 4A. Tìm góc lệch $\alpha$ của dây treo so với phương thẳng đứng. Lấy $g = 10m/s^2$.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Từ công thức $F = BI\ell \Leftrightarrow \ell = \dfrac{F}{BI} = \dfrac{10^{-3}}{5.10^{-3}.10} = 0,5.10^{-2}\mu = 0,5cm$.

2. Lực từ: $F = BI\ell\sin\alpha \Rightarrow I = \dfrac{F}{B\ell\sin\alpha} = \dfrac{4.10^{-2}}{4.10^{-3}.0,5.\dfrac{\sqrt{2}}{2}} = 28,35A$.

3. Lực từ: $F = BI\ell\sin\alpha \Rightarrow \sin\alpha = \dfrac{F}{BI\ell} = \dfrac{0,075}{0,5.2,5.0,12} = 0,5 \Rightarrow \alpha = 30^o$.

4. Từ công thức $F = BI\ell \Leftrightarrow I = \dfrac{F}{B\ell} = \dfrac{10^{-2}}{8.10^{-3}.10^{-1}} = 12,5A$.

5. Lực từ: $F = BI\ell\sin\alpha = 2.10^{-4}.20.0,4.0,5 = 8.10^{-4}N$.

**6.** Lực từ: $F = BI\ell\sin\alpha \Rightarrow B = \dfrac{F}{I\ell\sin\alpha} = \dfrac{6.10^{-2}}{20.0{,}8.\dfrac{\sqrt{3}}{2}} = 4{,}2.10^{-3}$ T.

**7.** Ta có $F = BI\ell\sin\alpha$ và $F' = BI'\ell\sin\alpha$.

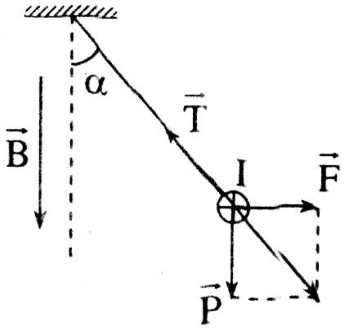
Vì $I' = 5I$ nên $F' = 5F = 35.10^{-2}$N.

**8.** Các lực tác dụng lên dây biểu diễn như hình 99.

Khi dây dẫn cân bằng thì $\vec{P} + \vec{F} + \vec{T} = \vec{0}$.

Ta có $\text{tg}\alpha = \dfrac{F}{P} = \dfrac{BI\ell}{mg}$.

Thay số: $\text{tg}\alpha = \dfrac{0{,}5.4.0{,}05}{0{,}01.10} = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$.



*Hình 99*

# § 29. TỪ TRƯỜNG CỦA MỘT SỐ DÒNG ĐIỆN CÓ DẠNG ĐƠN GIẢN

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Từ trường của dòng điện thẳng

Các đường sức từ của dòng điện thẳng là các đường tròn đồng tâm nằm trong mặt phẳng vuông góc với dòng điện. Tâm của các đường sức từ là giao điểm của mặt phẳng và dòng điện.

Chiều của các đường sức từ tuân theo quy tắc cái đinh ốc 1: Đặt cái đinh ốc dọc theo dây dẫn. Quay cái đinh ốc sao cho nó tiến theo chiều dòng điện, thì chiều quay của cái đinh ốc là chiều của các đường sức.

Công thức tính cảm ứng từ: $B = 2.10^{-7}\dfrac{I}{r}$

Với r là khoảng cách từ điểm khảo sát đến dòng điện.

### 2. Từ trường của dòng điện tròn

Chiều các đường sức từ tuân theo quy tắc cái đinh ốc 2:

Đặt cái đinh ốc dọc theo trục của khung, quay các đinh ốc theo chiều dòng điện trong khung, thì chiều tiến của cái đinh ốc là chiều của các đường sức xuyên qua mặt phẳng dòng điện.

Cảm ứng từ ở tâm vòng điện tròn bán kính R, đặt trong không khí được tính theo công thức: $B = 2\pi.10^{-7}\dfrac{I}{R}$

### 3. Từ trường của dòng điện trong ống dây

Các vòng dây dẫn được quấn gần nhau theo một chiều xác định xung quanh một hình trụ dài gọi là một ống dây.

- Bên trong ống dây, các đường sức từ song song với trục ống dây và cách đều nhau.

- Bên ngoài ống dây, dạng và sự phân bố các đường sức từ giống như một nam châm thẳng.

Các đường sức từ đi ra từ một đầu và đi vào ở đầu kia của ống giống như một thanh nam châm thẳng. Có thể coi một ống dây mang dòng điện cũng có hai cực: Phía đầu ống mà các đường sức đi ra là cực bắc, phía đầu kia là cực nam.

Nếu ống dây đặt trong không khí: $B = 4\pi 10^{-7} nI$.

Trong đó n là số vòng dây trên 1 m chiều dài của ống.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

**1.** Cho dòng điện I = 4A chạy qua một dây dẫn thẳng đặt trong chân không.

a) Tìm độ lớn cảm ứng từ B tại điểm M cách dây một khoảng 4cm.

b) Biết cảm ứng từ tại điểm N là $B = 4.10^{-6}$T. Tính khoảng cách từ N tới dây.

**2.** Một vòng dây tròn đặt trong chân không có bán kính R = 12cm mang dòng điện I = 4A. Tính độ lớn cảm ứng từ tại tâm vòng dây.

**3.** Một vòng dây tròn đặt trong chân không có bán kính R = 20cm mang dòng điện I = 30A.

a) Tính độ lớn của vectơ cảm ứng từ tại tâm vòng dây.

b) Nếu cho dòng điện nói trên qua vòng dây có bán kính $R' = 6R$ thì tại tâm vòng dây, độ lớn của véctơ cảm ứng từ B là bao nhiêu?

**4.** Một khung dây tròn đặt trong chân không có bán kính R = 25cm mang dòng điện I = 50A. Biết khung dây gồm có 20 vòng. Tính độ lớn của vectơ cảm ứng từ tại tâm vòng dây.

**5.** Cho dòng điện I = 0,5A chạy trong dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt trong chân không. Tìm quỹ tích của những điểm mà ở đó cảm ứng từ $B = 4.10^{-3}$T.

**6.** Hai dây dẫn thẳng dài vô hạn là $D_1$ và $D_2$ đặt song song trong không khí cách nhau một khoảng d = 2m. Dòng điện trong hai dây cùng chiều và cùng cường độ $I_1 = I_2 = I = 10$A.

a) Xác định độ lớn cảm ứng từ B tại điểm M cách $D_1$ và $D_2$ lần lượt là $r_1 =$ 2m và $r_2 =$ 4m.

b) Xác định độ lớn cảm ứng từ B tại điểm N cách $D_1$ và $D_2$ lần lượt là $r_1 =$ 6m và $r_2 =$ 8m.

**7.** Dùng một dây đồng có phủ một lớp sơn cách điện mỏng, quấn quanh một hình trụ dài $\ell = 50$cm, đường kính d = 8cm để làm một ống dây. Dùng sợi dây dây dài $\ell = 314$cm quấn ống dây và các vòng dây được quấn sát nhau. Hỏi nếu cho dòng điện cường độ I = 0,4A chạy qua ống dây, thì cảm ứng từ bên trong ống dây bằng bao nhiêu?

**8.** Dùng một dây đồng đường kính d = 0,8mm có một lớp sơn cách điện mỏng, quấn quanh một hình trụ có đường kính D = 4cm để làm một ống dây. Khi nối hai đầu ống dây với hiệu điện thế U = 3,3V thì cảm ứng từ bên trong ống dây bằng $15,7.10^{-4}$ T. Tính chiều dài $\ell$ của ống dây và cường độ dòng điện trong ống. Cho biết điện trở suất của đồng là $\rho = 1,76.10^{-8}\,\Omega$m. Các vòng dây được quấn sát nhau.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** a) Cảm ứng từ B tại M: $B = 2.10^{-7}\frac{I}{r} = 2.10^{-7}\frac{4}{0,04} = 2.10^{-5}$T.

b) Từ công thức $B = 2.10^{-7}\frac{I}{r} \Rightarrow r = 2.10^{-7}\frac{I}{B} = 2.10^{-7}\frac{4}{4.10^{-6}} = 20$cm.

**2.** Ở tâm vòng dây: $B = 2\pi.10^{-7}\frac{I}{R} = 2.3,14.10^{-7}\frac{4}{0,12} = 2,1.10^{-5}$T.

**3.** a) Cảm ứng từ tại tâm: $B = 2\pi.10^{-7}\frac{I}{R} = 2.3,14.10^{-7}\frac{30}{0,2} = 9,42.10^{-5}$T.

b) Khi $R' = 6R$ và thì $B' = \frac{B}{6} = 1,57.10^{-5}$T.

**4.** Cảm ứng từ do một vòng dây gây ra ở tâm: $B = 2\pi.10^{-7}\frac{I}{R}$.

Thay số: $B = 2.3,14.10^{-7}\frac{50}{0,25} = 1,256.10^{-4}$T.

Cảm ứng từ tổng hợp: $B' = 20B = 2,512.10^{-3}$T.

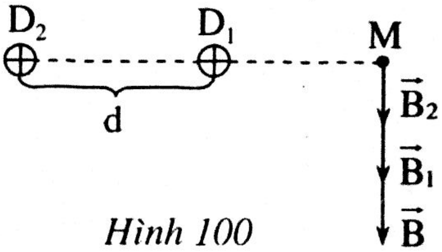
**5.** Từ công thức $B = 2.10^{-7}\frac{I}{r}$ suy ra $r = 2.10^{-7}\frac{2}{4.10^{-8}} = 10$cm.

Vậy quỹ tích của những điểm mà cảm ứng từ ở đó bằng $4.10^{-8}$T là mặt trụ bán kính r = 10m, trục là dây dẫn.

**6.** a) Khi hai dòng điện cùng chiều (hình 100).
Ta có:

$B_1 = 2.10^{-7}\frac{I}{r_1} = 2.10^{-7}\frac{10}{2} = 10^{-6}$T.

$B_2 = 2.10^{-7}\frac{I}{r_2} = 2.10^{-7}\frac{10}{4} = 0,5.10^{-6}$T.



*Hình 100*

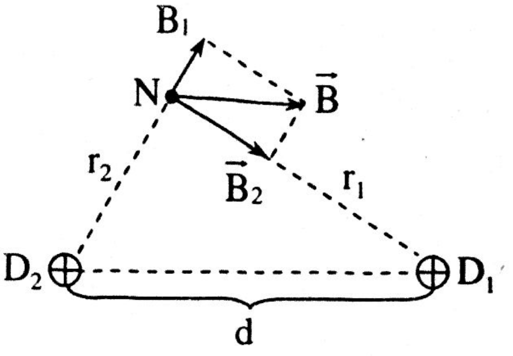
Cảm ứng từ tổng hợp $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$.

Về độ lớn: $B = B_1 + B_2 = 1,5.10^{-6}$T.

b) Tại điểm N, các véctơ $\vec{B}_1$ và $\vec{B}_2$ vuông góc nhau. (hình 101)

Về độ lớn: $B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$.

$B = \sqrt{(10^{-6})^2 + (0,5.10^{-6})^2} = 1,12.10^{-6}$T



*Hình 101*

**7.** Số vòng dây trên một đơn vị dài:

$$n = \frac{\ell}{\pi d.0,5} = n = \frac{314}{3,14.8.0,5} = 25 \text{ vòng.}$$

Cảm ứng từ $B = 4\pi.10^{-7}\nu I = 4.3,14.10^{-7}.25.0,4 = 1,256.10^{-4}T$.

**8.** Số vòng dây quấn trên mỗi mét chiều dài: $n = \dfrac{1}{0,8.10^{-3}} = 1250$ vòng.

Từ $B = 4\pi.10^{-7}\nu I \Rightarrow I = \dfrac{B}{4\pi.10^{-7}n} = \dfrac{15,7.10^{-4}}{4.3,14.10^{-7}.1250} = 1A$.

Điện trở của dây: $R = \dfrac{U}{I} = 3,3A$.

Gọi L là chiều dài dây, ta có $R = \rho\dfrac{L}{S} = \rho\dfrac{4L}{\pi d^2} \Rightarrow L = \dfrac{R\pi d^2}{4\rho}$.

Số vòng dây quấn trên ống dây: $N = \dfrac{L}{\pi D} = \dfrac{\ell}{d} \Rightarrow \ell = \dfrac{Ld}{\pi D}$

Từ đó suy ra $\ell = \dfrac{d^3R}{4D\rho} = \ell = \dfrac{(0,8.10^{-3})^3.3,3}{4.0,04.1,76.10^{-8}} = 0,6m$.

# § 30-31. TRƯỜNG CỦA TRÁI ĐẤT. BÀI TẬP

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Độ từ thiên. Độ từ khuynh

***a) Độ từ thiên***

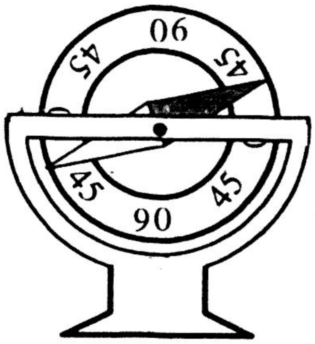
Các đường sức từ của từ trường Trái Đất nằm trên mặt đất gọi là các kinh tuyến từ. Kinh tuyến từ và kinh tuyến địa lí không hoàn toàn trùng nhau.

Góc lệch giữa kinh tuyến từ và kinh tuyến địa lí gọi là độ từ thiên (hay góc từ thiên), kí hiệu là D.

***b) Độ từ khuynh***

- Quan sát sự định hướng của một kim nam châm nhỏ quay tự do quanh trục nằm ngang đi qua trọng tâm của nó, ta thấy kim lệch khỏi mặt phẳng nằm ngang như trên hình 102.

Góc hợp bởi kim nam châm của la bàn vừa nói và mặt phẳng nằm ngang gọi là độ từ khuynh (hay góc từ khuynh) kí hiệu là I.



*Hình 102*

Kim nam châm vừa được mô tả là la bàn từ khuynh. (Loại la bàn mà ta thường gặp là la bàn từ thiên).

### 2. Các từ cực của Trái Đất

***a) Tên các từ cực trên Trái Đất***

Trái Đất có hai địa cực được gọi là Bắc cực và Nam cực. Ngoài ra nó còn có hai từ cực.

Cực Bắc của kim la bàn hướng về phía Bắc cực, cực Nam hướng về phía Nam cực. Điều đó có nghĩa là chiều đường sức từ của Trái Đất là chiều Nam - Bắc. Vì vậy, từ cực nằm ở nam bán cầu phải gọi là từ cực Bắc, còn từ cực nằm ở bắc bán cầu phải gọi là từ cực Nam.

***b) Vị trí các từ cực của Trái Đất***

Trên đây ta đã nói các kinh tuyến từ không trùng với các kinh tuyến địa lí. Các từ cực cũng không trùng với các địa cực.

Hiện nay từ cực Bắc ở vĩ độ $78^{0}05'$ bắc, kinh độ $69^{0}01'$ tây ; từ cực Nam ở vĩ độ $78^{0}05'$ nam, kinh độ $110^{0}09'$ tây.

Các từ cực của Trái Đất không nằm yên một chỗ mà di chuyển, mặc dù sự di chuyển đó diễn ra rất chậm.

### 3. Bão từ

So sánh số liệu đo đạc tại một nơi cố định người ta nhận ra rằng các yếu tố của từ trường Trái Đất (chẳng hạn cảm ứng từ, độ từ thiên, độ từ khuynh,...)

có những biến đổi theo thời gian. Nếu những biến đổi này xảy ra hầu như cùng một lúc trên quy mô hành tinh thì ta gọi là bão từ.

Người ta chia bão từ thành hai loại là loại yếu và loại mạnh.

Đa số những cơn bão từ thường diễn ra trong khoảng thời gian ngắn, có những cơn bão từ yếu chỉ kéo dài chừng vài ba giây. Ngược lại, những cơn bão từ mạnh kéo dài hàng chục giờ, thậm chí vài ngày.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

**1.** Tại điểm M cách dây dẫn r = 25cm, cảm ứng từ do dòng điện trong dây dẫn tạo ra là $B = 1,25.10^{-5}T$. Tính dòng điện trong dây dẫn.

**2.** Một ống dây có dòng điện chạy qua tạo ra trong lòng ống dây một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 3.10^{-3}T$. Biết ống dây dài 0,4m có 1200 vòng dây quấn sít nhau. Tính dòng điện chạy trong ống dây.

**3.** Một ống dây có dòng điện I = 50A chạy qua. Biết cứ mỗi mét chiều dài của ống dây được quấn 3600 vòng. Tính độ lớn của cảm ứng từ trong lòng ống dây.

**4.** Hai dây dẫn thẳng, dài, song song cách nhau một khoảng cố định 42cm. Trong dây thứ nhất có dòng điện $I_1 = 3A$, dây thứ hai có dòng điện $I_2 = 1,5A$. Hãy tìm những điểm mà tại đó cảm ứng từ bằng không. Xét hai trường hợp:

a) Hai dòng điện cùng chiều.

b) Hai dòng điện ngược chiều.

**5.** Cho dòng điện I = 0,5A chạy qua các vòng dây của một ống dây, thì cảm ứng từ bên trong ống dây $B = 3,5.10^{-4}T$. Biết ống dây dài 50cm, tính số vòng dây của ống dây?

**6.** Dùng dây đồng đường kính 0,5 mm có phủ lớp cách điện mỏng để quấn thành ống dây dài. Ống dây có 4 lớp nối tiếp với nhau sao cho dòng điện trong tất cả các vòng dây của các lớp đều cùng chiều. Các vòng dây của mỗi lớp được quấn sát nhau. Cho dòng điện 0,1A chạy qua ống dây, tính cảm ứng từ bên trong ống dây.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** Từ $B = 2.10^{-7}\dfrac{I}{r} \Rightarrow I = \dfrac{Br}{2.10^{-7}} = \dfrac{1,25.10^{-5}.0,25}{2.10^{-7}} = 15,625A.$

**2.** Số vòng dây trên mỗi mét chiều dài: $n = \dfrac{1200}{0,4} = 3000$ vòng.

Từ $B = 4\pi.10^{-7}\nu I \Rightarrow I = \dfrac{B}{4\pi.10^{-7}n} = \dfrac{3.10^{-3}}{4.3,14.10^{-7}.3000} = 0,8A.$

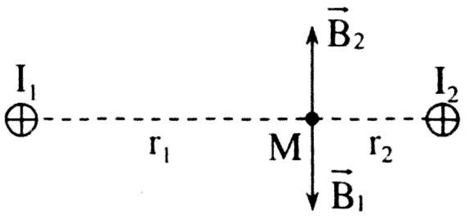
**3.** Ta có: $B = 4\pi.10^{-7}\nu I = 4.3,14.10^{-7}.3600.50 = 0,225$ T.

**4.** a) Hai dòng điện cùng chiều. Chỉ cần xét những điểm nằm trong mặt phẳng chứa hai dòng điện vì tất cả các điểm nằm ngoài mặt phẳng này các véctơ cảm ứng từ do hai dòng điện gây ra không cùng phương nên không thể triệt tiêu nhau (hình 103). Giả sử cảm ứng từ tại M bằng không.

Tại M: $B_1 = 2.10^{-7}\frac{I}{r_1}$ và $B_2 = 2.10^{-7}\frac{I}{r_2}$. Ta có $B_1 = B_2$

$$\Leftrightarrow 2.10^{-7}\frac{I_1}{r_1} = 2.10^{-7}\frac{I_2}{r_2}$$

$$\Rightarrow \frac{r_1}{r_2} = \frac{I_1}{I_2} = 2 \qquad (1)$$

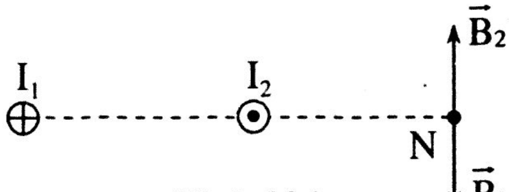


*Hình 103*

Chú ý rằng $r_1 + r_2 = 40$ cm (2)

Từ (1) và (2) $\Rightarrow r_1 = 28$cm, $r_2 = 14$cm.

Đó là những điểm nằm trên đường thẳng song song với $I_1$, $I_2$ và cách $I_2$ một khoảng 14 cm.



*Hình 104*

b) Hai dòng điện ngược chiều. Giả sử tại N cảm ứng từ bằng không.

Lập luận tương tự ta có: $r_1 = 2r_2$ và $r_1 - r_2 = 42$cm $\Rightarrow r_2 = 42$cm.

Đó là những điểm nằm trên đường thẳng song song với các dòng điện $I_1$, $I_2$ và cách $I_2$ một khoảng 42cm. (hình 104).

**5.** Từ $B = 4\pi.10^{-7}\nu I \Rightarrow n = \frac{B}{4\pi.10^{-7}I} = \frac{3,5.10^{-4}}{4.3,14.10^{-7}.0,5} = 557,32$ vòng.

Tổng số vòng dây của ống : $N = n.\ell = 557,32.0,5 = 278,66$ vòng.

**6.** Số vòng dây trên mỗi mét chiều dài: $n = 4\frac{1}{0,5.10^{-3}} = 8000$ vòng.

Cảm ứng từ $B = 4\pi.10^{-7}\nu I = 4.3,14.10^{-7}.8000.1 = 2.10^{-2}$T.

# § 32. TƯƠNG TÁC GIỮA HAI DÒNG ĐIỆN THẲNG SONG SONG. ĐỊNH NGHĨA AM-PE

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Tương tác giữa hai dòng điện thẳng song song

Xét hai dây dẫn MN và PQ đặt song song nhau (hình 105).

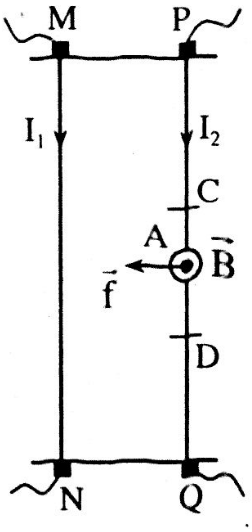
Gọi cường độ trong dây MN là $I_1$, trong dây PQ là $I_2$.

Cảm ứng từ của dòng điện $I_1$ tại điểm A là : $B = 2.10^{-7}\frac{I_1}{r}$.

Gọi $l$ là chiều dài đoạn CD của dòng điện $I_2$. Độ lớn của lực tác dụng lên đoạn CD : $f = 2.10^{-7}\frac{I_1}{r}I_2 l$

Độ lớn của lực tác dụng lên một đơn vị chiều dài của dòng điện $I_2$: $F = 2.10^{-7}\frac{I_1 I_1}{r}$.

Công thức trên cũng áp dụng cả cho trường hợp lực tác dụng lên dòng điện $I_1$ .



*Hình 105*

### 2. Định nghĩa Ampe

Ampe là cường độ của dòng điện không đổi khi chạy trong hai dây dẫn thẳng tiết diện nhỏ, rất dài, song song với nhau và cách nhau 1 m trong chân không thì trên mỗi mét dài của mỗi dây có một lực từ bằng $2.10^{-7}$N tác dụng.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Đặt hai dây dẫn gần nhau và song song với nhau. Cho dòng điện chạy qua hai dây dẫn này thấy chúng tương tác với nhau (có thể hút hoặc đẩy nhau, tùy vào chiều của dòng điện trong các dây dẫn). Nguyên nhân chính nào dẫn đến kết quả trên?

2. Hai dây dẫn thẳng, dài, đặt song song với nhau, cách nhau r = 20cm. Dòng điện trong hai dây đó có cường độ là $I_1 = 4$A, $I_2 = 5$A. Tính lực từ tác dụng lên một đoạn có chiều dài 0,2m của mỗi dây dẫn. Cho biết hai dây dẫn đặt trong không khí.

3. Một dây dẫn thẳng dài có dòng điện $I_1 = 30$A chạy qua đặt trong không khí.

   a) Tính cảm ứng từ tại điểm M cách dây dẫn 40cm.

   b) Tính lực từ do dòng điện $I_1$ tác dụng lên đoạn dây dẫn $\ell = 0{,}2$m mang dòng điện $I_2 = 18$A đặt song song và cách $I_1$ một khoảng 40cm.

4. Hai dây dẫn thẳng, dài song song đặt trong không khí. Cường độ dòng điện trong hai dây dẫn đó bằng nhau và bằng I = 4A. Lực từ tác dụng trên mỗi đơn vị dài của mỗi dây bằng $5.10^{-6}$ N. Tìm khoảng cách giữa hai dây dẫn.

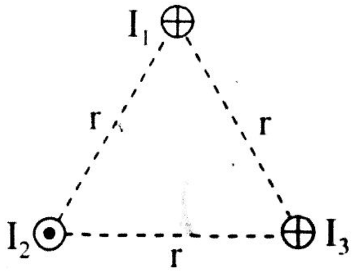
5. Hai dây dẫn thẳng, dài song song đặt trong không khí cách nhau 2,5cm. Cho dòng điện chạy qua hai dây dẫn bằng nhau thì lực từ tác dụng trên mỗi đơn vị dài của mỗi dây bằng $2.10^{-4}$ N. Tìm khoảng cách giữa hai dây dẫn.

6. Hai dây dẫn thẳng, dài, đặt song song với nhau trong không khí và cách nhau r = 40cm. Dòng điện qua dây thứ nhất là $I_1 = 8A$.

   Trên mỗi mét chiều dài của dây dẫn thứ hai chịu một lực là $F = 2.10^{-5}N$. Tính cường độ dòng điện chạy trong dây dẫn thứ hai.

7. Ba dây dẫn thẳng dài đặt song song, cách đều nhau như hình 106.

   Biết $I_1 = 12A$, $I_2 = I_3 = 24A$; Khoảng cách giữa các dây dẫn là r = 8cm. Tìm lực tác dụng lên 1m chiều dài của dây dẫn $I_1$.



*Hình 106*

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Khi có dòng điện chạy qua mỗi dây dẫn, xung quanh mỗi dây dẫn đều có từ trường. Dây dẫn thứ nhất nằm trong từ trường của dây dẫn thứ hai và dây dẫn thứ hai nằm trong từ trường của dây dẫn thứ nhất, do từ trường có thể tác dụng lực từ lên dây dẫn có dòng điện đặt trong nó nên kết quả là hai dây dẫn này tương tác với nhau.

2. Lực từ tác dụng lên mỗi đoạn dây có chiều dài $\ell$:

$$F = 2.10^{-7}\frac{I_1I_2}{r}\ell = 2.10^{-7}\frac{4.5}{0,2}.0,2 = 4.10^{-6}N.$$

3. a) Cảm ứng từ tại M: $B_M = 2.10^{-7}\frac{I_1}{r} = 2.10^{-7}\frac{30}{0,4} = 1,5.10^{-5}T.$

   b) Lực từ: $F = BI\ell = 1,5.10^{-5}.18.0,2 = 5,4.10^{-5}N.$

4. Từ $F = 2.10^{-7}\frac{I_1I_2}{r} \Rightarrow r = 2.10^{-7}\frac{I_1I_2}{F} = 2.10^{-7}\frac{4.4}{5.10^{-5}} = 6,4cm.$

5. Từ $F = 2.10^{-7}\frac{I_1I_2}{r} = 2.10^{-7}\frac{I^2}{r}$

$$\Rightarrow I = \sqrt{\frac{F.r}{2.10^{-7}}} = \sqrt{\frac{2.10^{-4}.2,5.10^{-2}}{2.10^{-7}}} = 5A.$$

**6.** Từ $F = 2.10^{-7}\dfrac{I_1I_2}{r} \Rightarrow I_2 = \dfrac{F.r}{2.10^{-7}.I_1} = \dfrac{2.10^{-5}.0,4}{2.10^{-7}.8} = 5A$.

**7.** Lực tác dụng lên 1m chiều dài của dây dẫn $I_1$:

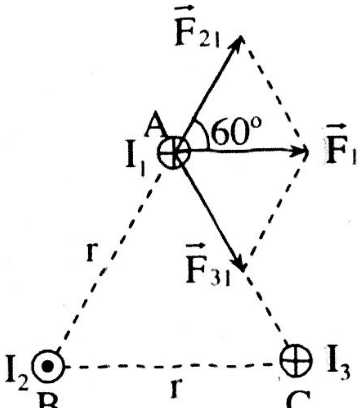
- Do $I_2$ gây ra: $F_{21} = 2.10^{-7}\dfrac{I_1I_2}{r} = 7,2.10^{-4}N$.

- Do $I_3$ gây ra: $F_{21} = 2.10^{-7}\dfrac{I_1I_3}{r} = 7,2.10^{-4}N$.

Lực tác dụng tổng hợp lên $I_1$: $\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}$

Từ hình 107 ta thấy tam giác ABC là tam giác đều và $F_{21} = F_{31}$ nên về độ lớn:

$$F_1 = F_{21} = F_{31} = 7,2.10^{-4}N.$$



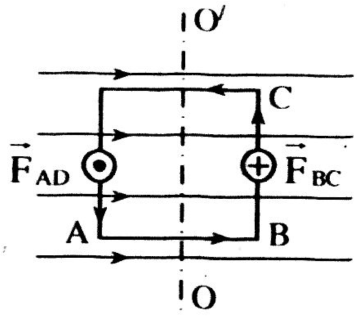
Hình 107

# § 33. KHUNG DÂY CÓ DÒNG ĐIỆN ĐẶT TRONG TỪ TRƯỜNG

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Khung dây đặt trong từ trường

Xét khung dây ABCD là khung dây cứng có thể quay xung quanh trục OO' đặt trong từ trường. Cho dòng điện chạy qua khung. Xét hai trường hợp đơn giản sau :



*Hình 108*

- Đường sức từ nằm trong mặt phẳng khung:

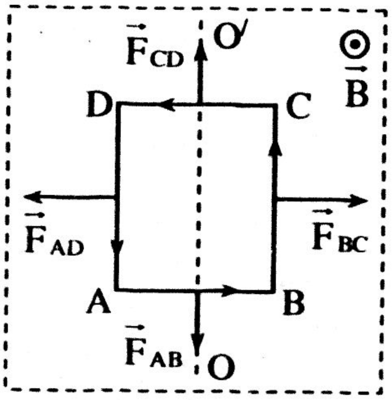
Giả sử dòng điện trong khung có chiều ABCDA (hình 108). Lực từ tác dụng lên các cạnh AB và CD của khung bằng không vì các cạnh đó song song với đường sức.

Vì từ trường đều, nên các lực từ tác dụng lên cạnh AD, BC có độ lớn bằng nhau. $\vec{F}_{BC}$ hướng ra phía sau còn $\vec{F}_{AD}$ hướng ra phía trước mặt phẳng hình vẽ. Hai lực này tạo thành một ngẫu lực làm quay khung.

Trong trường hợp đường sức không nằm trong mặt phẳng khung, nói chung lực từ cũng làm quay khung.

- Đường sức từ vuông góc với mặt phẳng khung:

Giả sử chiều dòng điện và chiều các đường sức. Các lực từ tác dụng lên các cạnh của khung có chiều như trên hình 109. Trong trường hợp này, các lực từ không làm quay khung.



*Hình 109*

### 2. Momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung dây có dòng điện

Gọi cảm ứng từ của nam châm là B, cường độ dòng điện chạy trong khung là I, M là độ lớn của momen ngẫu lực tác dụng lên khung, S là diện tích phần mặt phẳng giới hạn bởi khung dây thì momen ngẫu lực từ tính bởi công thức: $M = IBS$.

Trong trường hợp các đường sức từ không nằm trong mặt phẳng khung dây thì: $M = IBS\sin\theta$.

Trong đó, θ là góc hợp bởi vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ và vectơ pháp tuyến $\vec{n}$ với mặt phẳng khung dây.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một khung dây hình chữ nhật ABCD đặt trong từ trường đều cảm ứng từ $B = 2.10^{-2}T$. Cạnh AB cạnh khung dài 4cm, cạnh BC dài 6cm. Dòng điện trong khung có cường độ 4A. Tính giá trị lớn nhất của momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung.

2. Một khung dây tròn bán kính 20cm gồm 50vòng. Trong mỗi vòng có dòng điện 8A chạy qua. Khung dây đặt trong từ trường đều B = 0,04T và các đường sức từ song song với mặt phẳng khung. Tính momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung?

3. Một khung dây cứng có kích thước 5cm x 8cm đặt trong từ trường đều. Khung dây gồm 200 vòng. Cho dòng điện 2A chạy qua khung dây. Momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung có giá trị lớn nhất là $8.10^{-4}$ N.m. Hãy tính cảm ứng từ của từ trường.

4. Một khung dây tròn bán kính 10cm gồm 120 vòng được đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ 0,08T. Mặt phẳng của khung làm thành với đường sức từ góc $60^0$. Tính momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung. Cho biết mỗi vòng dây có dòng điện 8A chạy qua.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Mômen ngẫu lực từ: $M = IBS\sin\alpha$.

   Rõ ràng M đạt giá trị lớn nhất khi $\sin\alpha = 1$. Lúc đó $M_{max} = IBS$.

   Thay số: $M_{max} = 4.2.10^{-2}.4.10^{-2}.6.10^{-2} = 1{,}92.10^{-4}$ N.m.

2. Mômen ngẫu lực từ: $M = IBS = 50.8.0{,}04.3{,}14.0{,}2^2 = 2{,}01$N.m.

3. Mômen ngẫu lực từ cực đại: $M_{max} = IBS \Rightarrow B = \dfrac{M_{max}}{IS}$.

   Thay số: $B = \dfrac{8.10^{-4}}{150.2.5.8.10^{-4}} = 6{,}67\ 10^{-4}T$.

4. Mômen ngẫu lực: $M = nIBS\sin\theta$ với θ bằng $30^0$ hoặc bằng $150^0$ tuỳ theo chiều dòng điện trong khung.

   Thay số: $M = 120.8.0{,}08.3{,}14.0{,}1^2.0{,}5 = 1{,}2$N.m.

# § 34-35. LỰC LO-REN. SỰ TỪ HÓA CÁC CHẤT

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Phương của lực Lo-ren

Lực Lo-ren có phương vuông góc với mặt phẳng chứa vectơ vận tốc của hạt mang điện và vectơ cảm ứng từ tại điểm khảo sát.

### 2. Chiều của lực Lo-ren

Quy tắc xác định chiều của lực Lo-ren có thể suy ra từ quy tắc bàn tay trái xác định chiều của lực từ tác dụng lên dòng điện. Tuy nhiên, chiều dòng điện được quy ước là chiều chuyển động của các điện tích dương. Còn ở đây các hạt mang điện chuyển động có thể là điện tích dương cũng có thể là điện tích âm. Vì vậy, có thể nói lực Lo-ren tác dụng lên điện tích dương thì cùng chiều với lực tác dụng lên dòng điện; còn lực Lo-ren tác dụng lên điện tích âm thì có chiều ngược lại.

### 3. Độ lớn của lực Lo-ren

Độ lớn của lực Lo-ren tác dụng lên hạt chuyển động trong từ trường theo phương vuông góc với đường sức từ là : $f = qvB$.

Nếu vectơ vận tốc của hạt không vuông góc mà làm thành vectơ cảm ứng từ một góc α thì: $f = qvB\sin\alpha$.

q là giá trị tuyệt đối của điện tích của hạt.

### 4. Các chất thuận từ và nghịch từ

Các chất trong tự nhiên khi đặt trong từ trương đều bị nhiễm từ, cũng gọi là bị từ hoá. Tuy nhiên chỉ có một số rất ít chất có tính từ hoá mạnh ; còn lại tuyệt đại đa số chất có tính từ yếu.

Các chất có tính từ hoá yếu gồm các chất thuận từ và nghịch từ.

Khi các chất thuận từ và nghịch từ đặt trong từ trường ngoài thì chúng bị từ hoá, nhưng nếu từ trường ngoài (từ trường gây ra sự từ hoá) triệt tiêu thì từ tính của các vật này cũng bị mất rất nhanh.

### 5. Các chất sắt từ

Các chất có tính từ hoá mạnh lập thành một nhóm gọi là các chất sắt từ. Sắt, niken, côban là ba chất (cũng là ba nguyên tố) sắt từ điển hình.

### 6. Nam châm điện. Nam châm vĩnh cửu

- Cho dòng điện đi qua một ống dây có lõi sắt thì lõi sắt được từ hoá. Ngắt dòng điện trong ống dây thì từ tính của lõi sắt cũng bị mất rất nhanh.

Một chất sắt từ mà từ tính của nó bị mất rất nhanh khi từ trường ngoài triệt tiêu được gọi là chất sắt từ mềm.

- Thay lõi sắt bằng một lõi thép (sắt pha thêm cacbon với nồng độ thích hợp) thì từ trường tổng hợp cũng lớn gấp nhiều lần so với từ trường ngoài. Nhưng ở đây có điều khác là sau khi ngắt dòng điện trong ống dây, từ tính của thép còn giữ được một thời gian dài. thanh thép trở thành một nam châm vĩnh cửu.

Một chất sắt từ mà từ tính của nó tồn tại khá lâu sau khi từ trường ngoài triệt tiêu được gọi là chất sắt từ cứng.

Chú ý: Trong quá trình nhiễm từ, có xảy ra một hiện tượng đặc biệt, đó là hiện tượng từ trễ.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một êlectron bay vào trong từ trường đều $\vec{B}$ với vận tốc ban đầu $\vec{v}_0$ vuông góc với $\vec{B}$. Biết $v_0 = 4.10^5$m, B = 0,4T. Tính lực Lo-ren tác dụng lên electrôn.
2. Một prôtôn bay vào trong từ trường đều theo phương làm với đường sức từ một góc $30^0$. Vận tốc của prôtôn bằng $v_0 = 6.10^7$ m/s và từ trường có cảm ứng từ B = 1,5T . Tính độ lớn của lực Lo-ren tác dụng lên prôtôn.
3. Một hạt mang điện tích $q = 3,2.10^{-19}$C bay vào trong từ trường đều có B = 0,25 T. Lúc lọt vào trong từ trường vận tốc của hạt là $v = 10^6$m/s và vuông góc với vectơ $\vec{B}$. Tính lực Lo-ren tác dụng lên hạt đó.
4. Một êlectrôn bay vào từ trường đều, cảm ứng từ B = 0,6 T. Lúc lọt vào từ trường với vận tốc của hạt là $v_0 = 10^7$m/s và hợp với vectơ $\vec{B}$ một góc $45^0$. Tính lực lo-ren tác dụng lên êlectrôn đó.
5. Một hạt mang điện chuyển động trong mặt phẳng vuông góc với đường sức từ. Biết vận tốc của hạt là $v_1 = 2.10^6$ m/s thì lực Lo-ren tác dụng lên hạt là $f_1 = 2.10^{-8}$N. Nếu hạt chuyển động với vận tốc $v_2 = 4.10^7$ m/s thì lực Lo-ren tác dụng lên hạt có độ lớn bao nhiêu?
6. Một hạt mang điện có khối lượng m, mang điện tích q được bắn vào khu vực có từ trường đều có véctơ cảm ứng từ $\vec{B}$. Khi bắt đầu đi vào từ trường, vận tốc $\vec{v}$ của hạt có độ lớn là v. Hãy xác định quỹ đạo của hạt nếu:

   a) Vận tốc $\vec{v}$ cùng hướng với $\vec{B}$.

   b) Vận tốc $\vec{v}$ vuông góc với $\vec{B}$.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Lực Lo-ren: $f = qvB = 1,6.10^{-19}.4.10^5.0,4 = 2,56.10^{-14}$N.
2. Lực Lo-ren: $f = qvB\sin\alpha = 1,6.10^{-19}.6.10^7.1,5.0,5 = 7,2.10^{-12}$N.

**3.** Ta có : $f_L = qvB = 3,2.10^{-19}.10^6.0,25 = 8.10^{-14}N$

**4.** Lực Lo-ren: $f_L = qvB.\sin\theta = 1,6.10^{-19}.10^7.0,6.\frac{\sqrt{2}}{2} = 6,8.10^{-14}N.$

**5.** Ta có: $f_1 = qv_1B$ ; $f_2 = qv_2B \Rightarrow f_2 = \frac{v_2}{v_1}f_1 = 4.10^{-7}$ N.

**6.** a) Khi vận tốc $\vec{v}$ cùng hướng với $\vec{B}$ thì $\alpha = 0 \Rightarrow$ lực Lo-ren $f_L = 0$: Hạt sẽ chuyển động thẳng đều với vận tốc v theo phương ban đầu.

b) Vận tốc $\vec{v}$ vuông góc với $\vec{B}$. Lực Lo-ren $f_L = qvB$ luôn vuông góc với véctơ vận tốc $\vec{v}$ nên đóng vai trò là lực hướng tâm:

$$f_L = F_{ht} = m\frac{v^2}{R}.$$

Kết quả: Quỹ đạo của hạt là đường tròn bán kính R.

Ta có $f_L = qvB = m\frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{qB}$.

# Chương 5. CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

## § 36-37. HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ. ĐỊNH LUẬT PHARAĐÂY VỀ CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

### A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

**1. Từ thông**

Để tả số đường sức qua một điện tích nào đó người ta đưa ra khái niệm từ thông. Công thức: $\Phi = BS\cos\alpha$ .

Từ thông là đại lượng đại số, dấu của từ thông phụ thuộc vào việc chọn chiều của vectơ $\vec{n}$ :

- Nếu $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ thì $\cos\alpha > 0$ ta có $\Phi > 0$.

- Nếu $\frac{\pi}{2} < \alpha \le \pi$ thì $\cos\alpha < 0$ ta có $\Phi < 0$.

Trong hệ SI, đơn vị từ thông là vêbe: $1Wb = 1.T.1\ m^2$

**2. Hiện tượng cảm ứng điện từ**

***a) Dòng điện cảm ứng***

Khi từ thông qua mặt giới hạn bởi mạch điện kín biến đổi thì trong mạch xuất hiện dòng điện. Dòng điện đó gọi là dòng điện cảm ứng.

***b) Suất điện động cảm ứng***

Khi có sự biến đổi từ thông qua mặt giới hạn bởi một mạch điện kín, thì trong mạch suất hiện suất điện động cảm ứng.

Hiện tượng xuất hiện suất điện động cảm ứng được gọi là hiện tượng cảm ứng điện từ.

**3. Quy tắc Len-xơ về chiều của dòng điện cảm ứng**

Dòng điện cảm ứng có chiều sao cho từ trường của nó có tác dụng chống lại nguyên nhân đã sinh ra nó.

**4. Định luật Pha-ra-đây về cảm ứng điện từ**

Suất điện động cảm ứng trong mạch điện kín tỉ lệ với tốc độ biến thiên của từ thông qua mạch. Công thức: $|\mathcal{E}| = k\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$.

Trong hệ SI, nếu kể đến quy tắc Len-xơ thì: $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

Dấu trừ (–) biểu thị quy tắc Len-xơ.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một hình chữ nhật kích thước 2cm × 8cm đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ $B = 4.10^{-4}T$. Vectơ cảm ứng từ hợp với mặt phẳng một góc $30^0$. Tính từ thông qua hình chữ nhật đó.

2. Một vòng dây dẫn phẳng giới hạn diện tích $S = 5cm^2$ đặt trong từ trường đều cảm ứng từ $B = 0{,}4T$. Mặt phẳng vòng dây làm thành với vectơ $\vec{B}$ một góc $\alpha = 30^0$. Tính từ thông qua diện tích S.

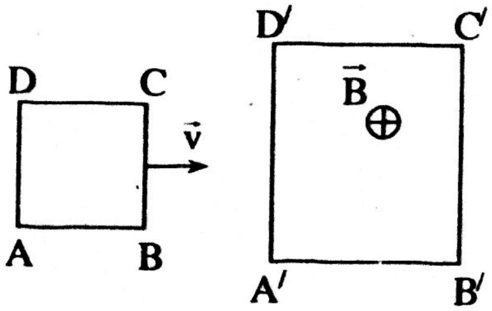
3. Một khung dây phẳng, diện tích 20 $cm^2$, gồm 50 vòng được đặt trong từ trường đều. Vectơ cảm ứng từ làm thành với mặt phẳng khung dây một góc $\frac{\pi}{6}$ và có độ lớn bằng $2.10^{-4}T$. Người ta làm cho từ trường giảm đều đến không trong khoảng thời gian 0,01s. Tính suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khung dây trong thời gian từ trường biến đổi.

4. Một hình vuông cạnh 5cm, đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ $B = 4.10^{-4}T$. Từ thông qua hình vuông đó bằng $10^{-6}$ Wb. Tính góc hợp bởi vectơ cảm ứng từ và vectơ pháp tuyến với hình vuông đó.

5. Một khung dây tròn đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ B = 0,06T sao cho mặt phẳng khung dây vuông góc với các đường sức từ. Từ thông qua khung dây là $\Phi = 1{,}2.10^{-5}\Omega\beta$. Tính bán kính vòng dây.

6. Một khung dây kín, phẳng hình vuông ABCD có cạnh a = 10cm gồm n = 250 vòng. Khung chuyển động thẳng đều tiến lại khoảng không gian trong đó có từ trường đều. Trong khi chuyển động cạnh AB và AC luôn luôn nằm trên hai đường thẳng song song (hình 110).

Tính cường độ dòng điện trong khung trong khoảng thời gian từ khi cạnh CB của khung bắt đầu gặp từ trường đến khi khung vừa vặn nằm hẳn trong từ trường. Chỉ rõ chiều của dòng điện trong khung. Cho biết điện trở của khung là 3Ω. Vận tốc của khung v = 1,5m/s và cảm ứng từ của từ trường B = 0,005T.



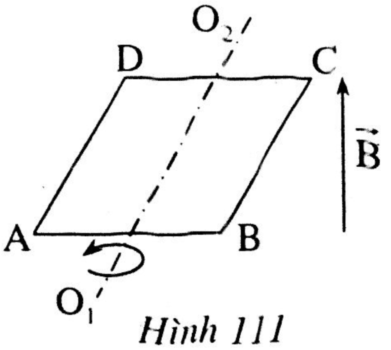
*Hình 110*

7. Một khung dây dẫn có 2000 vòng được đặt trong từ trường đều sao cho các đường cảm ứng từ vuông góc với mặt phẳng khung. Diện tích mặt phẳng giới hạn mỗi vòng là $2dm^2$. Cảm ứng từ của từ trường giảm đều từ giá trị 0,5T đến 0,2T trong thời gian 0,1s. Tính suất điện động cảm ứng trong mỗi vòng dây và trong toàn khung dây.

8. Một khung dây tròn, phẳng, gồm 1200 vòng, đường kính mỗi vòng là d = 10cm, quay trong từ trường đều quanh trục đi qua tâm và nằm trong mặt phẳng khung dây. Ở vị trí ban đầu, mặt phẳng khung dây vuông góc với

đường sức từ; ở vị trí cuối, mặt phẳng khung dây song song với đường sức từ trường. Thời gian quay là 0,1 giây. Cảm ứng từ trường là $B = 0,005T$. Tính suất điện động xuất hiện trong cuộn dây.

**9.** Khung dây hình chữ nhật ABCD có $AB = 3cm$, $AD = 2cm$, quay đều xung quanh trục $O_1O_2$ với vận tốc 50 vòng/giây. Khung dây đặt trong từ trường có cảm ứng từ $B = 50T$ và có đường sức vuông góc với $O_1O_2$ như hình 111. Viết biểu thức độ lớn tức thời của từ thông qua khung dây, biết rằng lúc đầu ($t = 0$) pháp tuyến của khung cùng chiều với đường sức từ trường.



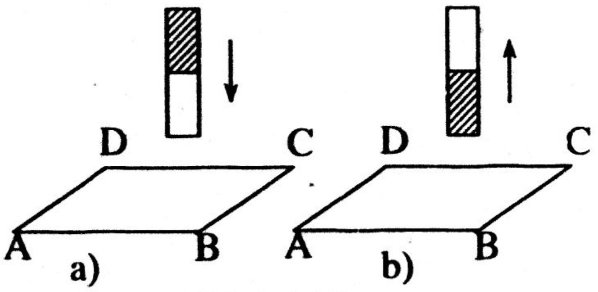
*Hình 111*

**10.** Xác định chiều dòng điện cảm ứng trong các trường hợp sau:

a) Đưa nam châm lại gần khung dây ABCD (hình 112a).

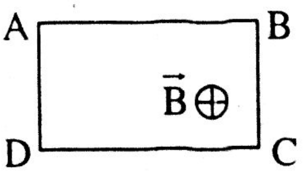
b) Đưa nam châm ra xa khung dây ABCD (hình 112b).

c) Trong khung dây ABCD khi cảm ứng từ B tăng dần. (hình 113).



a) b)

*Hình 112*



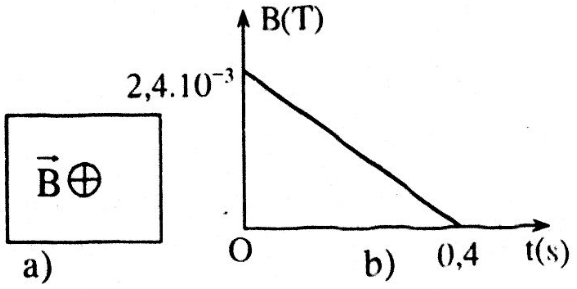
*Hình 113*

**11.** Một khung dây cứng, phẳng, diện tích 25 $cm^2$, gồm 10 vòng dây. Khung dây được đặt trong từ trường đều. Khung dây nằm trong mặt phẳng hình 114. Vectơ cảm ứng từ vuông góc với mặt phẳng hình vẽ và có chiều như trên hình 114a. Cảm ứng từ biến thiên theo thời gian như đường biểu diễn trên hình 114b.

a) Tính độ biến thiên của từ thông qua khung dây kể từ lúc $t = 0$ đến $t = 0,4$ s.

b) Xác định suất điện động cảm ứng trong khung.

c) Tìm chiều của dòng điện cảm ứng trong khung.



a) b)

*Hình 114*

**12.** Một cuộn dây dẫn phẳng có 100 vòng, bán kính $R = 0,1m$, đặt trong từ trường đều sao cho mặt phẳng cuộn dây vuông góc với các đường cảm ứng từ. Ban đầu cảm ứng từ của từ trường có giá trị 0,2T. Tìm suất điện động cảm ứng trong cuộn dây trong thời gian 0,1s. Xét các trường hợp:

a) Cảm ứng từ của từ trường tăng gấp đôi.

b) Cảm ứng từ của từ trường giảm đều đến 0.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** Diện tích hình chữ nhật: $S = 2.10^{-2}.8.10^{-2} = 16.10^{-4}\mu^2$. Cóc hợp bởi véctơ pháp tuyến $\vec{n}$ của hình chữ nhật và véctơ $\vec{B}$ là $\alpha = 60^o$.

Từ thông $\Phi = BS\cos\alpha = 4.10^{-4}.18.10^{-4}\cos 60^o = 3{,}6.10^{-7}$ Wb.

**2.** Véctơ $\vec{B}$ hợp với mặt phẳng vòng dây một góc $30^0$ nên $\vec{B}$ hợp với pháp tuyến $\vec{n}$ một góc $\alpha = 60^0$ hay $\alpha = 120^0$

Ta có: $\Phi = B.S.\cos\alpha = 0{,}4.5.10^{-4}.\cos 60^0 = 10^{-4}\Omega\beta$.

Hoặc: $\Phi = 0{,}4.5.10^{-4}.\cos 120^0 = -10^{-4}\Omega\beta$

Vậy: $\Phi = \pm\, 10^{-4}\Omega\beta$.

**3.** Từ thông qua khung dây ban đầu: $\Phi_1 = NBS\cos\alpha$.

Từ thông cuối cùng $\Phi_2 = 0$.

Độ biến thiên từ thông: $\Delta\Phi = \Phi = NBS\cos\alpha$.

Độ lớn của suất điện động cảm ứng: $|E| = \left|\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \dfrac{NBS\cos\alpha}{\Delta t}$.

Thay số: $|E| = \dfrac{50.2.10^{-4}.20.10^{-4}.\cos 60^o}{0{,}01} = 10^{-3}\varsigma$.

**4.** Diện tích hình vuông: $S = (5.10^{-2})^2 = 25.10^{-4}\mu^2$.

Từ công thức $\Phi = BS\cos\alpha \Rightarrow \cos\alpha = \dfrac{\Phi}{BS}$.

$$\cos\alpha = \frac{10^{-6}}{4.10^{-4}25.10^{-4}} = 1 \Rightarrow \alpha = 45^o.$$

**5.** Từ $\Phi = B.S = \Phi = B.\pi R^2 \Rightarrow R = \sqrt{\dfrac{\Phi}{B\pi}} = \sqrt{\dfrac{1{,}2.10^{-5}}{0{,}06.3{,}14}} \approx 8.10^{-3}\mu$.

**6.** Diện tích khung dây: $S = 0{,}1.0{,}1 = 0{,}01\text{m}^2$.

Khi khung dây còn nằm ngoài khu vực có từ trường, từ thông qua khung dây $\Phi_0 = 0$.

Khi khung dây đã nằm hoàn toàn trong từ trường, từ thông qua khung dây $\Phi_1 = BS = 0{,}005.0{,}01 = 5.10^{-5}\Omega\beta$.

Thời gian từ khi cạnh BC của khung bắt đầu gặp từ trường đến khi khung vừa vặn nằm hẳn trong từ trường: $t = \dfrac{a}{v} = \dfrac{0{,}1}{1{,}5}$ s.

Suất điện động cảm ứng trong khung:

$$|E| = N\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = 250.\frac{5.10^{-5}.1,5}{0,1} = 0,1875\text{V}.$$

* Cường độ dòng điện trong khung: $I = \frac{E}{r} = \frac{0,1875}{3} = 0,0625\text{A}$

* Dòng điện cảm ứng trong khung ngược chiều kim đồng hồ.

**7.** Độ biến thiên từ thông qua mỗi vòng dây:

$$\Delta\Phi = (B_2 - B_1)S = (0,2 - 0,5).2.10^{-2} = -6.10^{-3}\Omega\beta.$$

* Suất điện động cảm ứng trong mỗi vòng dây:

$$|E| = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \frac{6.10^{-3}}{0,1} = 6.10^{-2}\varsigma.$$

* Suất điện động cảm ứng trong toàn khung dây:

$$E_k = nE = 2000.6.10^{-2} = 120\text{V}.$$

**8.** Diện tích khung dây: $S = \pi\frac{d^2}{4} = 3,14\frac{0,1^2}{4} = 7,85.10^{-3}\mu^2.$

Ở vị trí ban đầu, từ thông qua một vòng dây:

$$\Phi = BS = 5.10^{-3}.7,85.10^{-3} = 3,925.10^{-5}\text{ Wb}.$$

Ở vị trí cuối cùng, từ thông qua một vòng dây: $\Phi' = 0$.

Độ biến thiên từ thông: $\Delta\Phi = \Phi' - \Phi = -3,925.10^{-5}$ Wb.

Suất điện động cảm ứng trong khung:

$$|E| = N\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = 1200.\frac{3,925.10^{-5}}{0,1} = 0,471\text{V}.$$

**9.** Diện tích khung dây: $S = 0,03.0,02 = 6.10^{-4}\text{ m}^2$.

Vận tốc góc $\omega = 50.2\pi = 100\pi$/s.

Khi khung dây quay với vận tốc góc ω thì trong thời gian t, góc giữa véctơ pháp tuyến $\vec{n}$ của khung và véctơ cảm ứng từ $\vec{B}$ là:

$$\alpha = \omega t = 100\pi t$$

Từ thông qua khung ở thời điểm t: $\Phi = BS\cos\alpha = 50.6.10^{-4}.\cos 100\pi t$

Hay: $\Phi = 3.10^{-2}\cos 100\pi t$ (Wb).

**10.** a) Chiều dòng điện cảm ứng: A→D→C→B.

b) Chiều dòng điện cảm ứng: A→D→C→B.

c) Chiều dòng điện cảm ứng: A→D→C→B.

**11.** a) Tại t = 0, từ thông $\Phi_0 = NBS = 10.2{,}4.10^{-3}.25.10^{-4} = 6.10^{-5}\Omega\beta$.

Tại t = 0,4s thì B = 0 nên từ thông $\Phi = 0$.

Độ biến thiên từ thông: $\Delta\Phi = |\Phi - \Phi_0| = 6.10^{-5}\Omega\beta$.

b) Suất điện động cảm ứng: $|E| = \left|\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \dfrac{6.10^{-5}}{0{,}4} = 1{,}5.10^{-4}V$.

c) Dòng điện cảm ứng trong khung theo chiều kim đồng hồ.

**12.** Diện tích mỗi vòng dây: $S = \pi R^2 = 3{,}14.0{,}1^2 = 3{,}14.10^{-2}\ m^2$

a) Khi cảm ứng từ tăng lên gấp đôi thì độ biến thiên từ thông là:

$$\Delta\Phi = (B_2 - B_1)S = (0{,}4 - 0{,}2).3{,}14.10^{-2} = 6{,}28.10^{-3}\Omega\beta.$$

Suất điện động cảm ứng: $|E| = N\left|\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = 100.\dfrac{6{,}28.10^{-3}}{0{,}1} = 6{,}28V$.

b) Khi cảm ứng từ giảm đều đến 0 thì độ biến thiên từ thông là:

$$\Delta\Phi = (B_2 - B_1)S = (0 - 0{,}2).3{,}14.10^{-2} = -6{,}28.10^{-3}\Omega\beta.$$

Suất điện động cảm ứng: $|E| = N\left|\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = 100.\dfrac{6{,}28.10^{-3}}{0{,}1} = 6{,}28V$.

## § 38. SUẤT ĐIỆN ĐỘNG CẢM ỨNG TRONG MỘT ĐOẠN DÂY DẪN CHUYỂN ĐỘNG

### A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

**1. Suất điện động cảm ứng trong một đoạn dây dẫn chuyển động trong từ trường**

Khi đoạn dây dẫn chuyển động cắt các đường sức từ thì trong đoạn dây đó xuất hiện suất điện động. Suất điện động trong trường hợp này cũng gọi là suất điện động cảm ứng.

**2. Quy tắc bàn tay phải**

Nếu coi đoạn dây dẫn chuyển động cắt các đường sức từ như là một nguồn điện thì có thể phát biểu quy tắc xác định các cực của nguồn điện đó bằng quy tắc bàn tay phải:

Đặt bàn tay phải hứng các đường sức từ, ngón cái choãi ra $90^0$ hướng theo chiều chuyển động của đoạn dây, khi đó đoạn dây dẫn đóng vai trò như một nguồn điện, chiều từ cổ tay đến bốn ngón kia chỉ chiều từ cực âm sang cực dương của nguồn điện đó.

**3. Độ lớn của suất điện động cảm ứng**

Khi đoạn dây dẫn chuyển động cắt các đường sức từ thì độ lớn của suất điện động trong đoạn dây đó là : $E = Blv$.

Nếu $\vec{v}$ và $\vec{B}$ cùng vuông góc với đoạn dây, đồng thời $\vec{v}$ và hợp với $\vec{B}$ một góc $\theta$ thì: $E = Blv\sin\theta$.

### B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

**1.** Đoạn dây dẫn MN có chiều dài $l = 0{,}5$m, chuyển động trong từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0{,}04$T, với vận tốc $v = 0{,}5$m/s, theo phương hợp với đường sức từ trường một góc $\theta = 30^0$. Tính suất điện động xuất hiện trong đoạn dây.

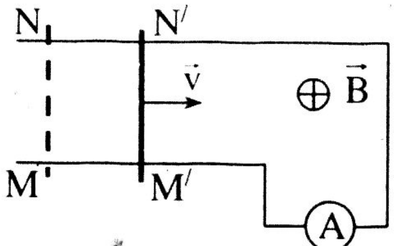
**2.** Một thanh dẫn điện dài 1m, chuyển động trong từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0{,}4$T (véctơ $\vec{B}$ vuông góc với thanh) với vận tốc 2m/s, vuông góc với thanh và và làm với vectơ $\vec{B}$ một góc $\theta = 45^0$.

a) Tính suất điện động cảm ứng trong thanh.

b) Nếu nối hai đầu thanh với một điện trở $R = 0{,}2\Omega$ thành mạch kín thì cường độ dòng điện qua điện trở bằng bao nhiêu?

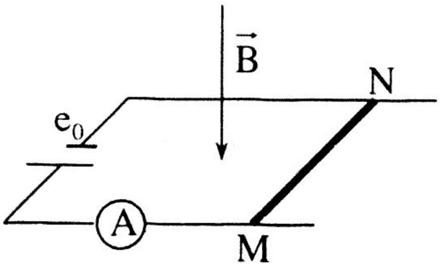
**3.** Một thanh dẫn điện dài 40cm được nối hai đầu của nó với hai đầu của hai đoạn đoạn mạch điện có điện trở $0{,}5\Omega$. Cho thanh chuyển động tịnh tiến trong từ trường đều cảm ứng từ $B = 0{,}08$T với vận tốc 7m/s. Hỏi số chỉ ampe kế đặt trong mạch điện đó? Cho biết vectơ vận tốc của thanh vuông góc với các đường sức từ và điện trở của thanh rất nhỏ. Coi vận tốc $\vec{v}$ vuông góc với thanh dẫn.

4. Thanh dẫn MN trượt trong từ trường đều như hình 115. Biết $B = 0,3$ T, thanh MN dài 40cm, vận tốc $v = 2$m/s, điện kế có điện trở $R = 3\Omega$. Tính cường độ dòng điện qua điện kế và chỉ rõ chiều của dòng điện ấy.



*Hình 115*

5. Cho mạch điện có sơ đồ như hình 116. Nguồn điện có $e_0 = 1,5$V, điện trở trong $r = 0,1\Omega$. Thanh MN dài 1m có điện trở $R = 2,9\Omega$ . Từ trường có vectơ $\vec{B}$ thẳng góc với MN và hướng xuống dưới. Cảm ứng từ là 0,1T. Ampe từ có điện trở không đáng kể.



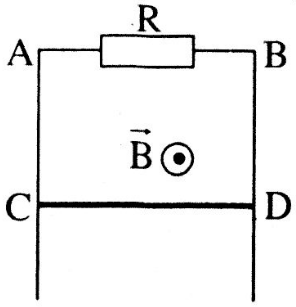
*Hình 116*

a) Ampe kế chỉ bao nhiêu khi MN đứng yên?

b) Ampe kế chỉ bao nhiêu khi MN chuyển động đều về bên phải với vận tốc $v = 3$m/s sao cho hai đầu M và N luôn luôn tiếp xúc với hai thanh đỡ bằng kim loại ?

c) Muốn cho ampe kế chỉ số 0 phải để MN chuyển động về phía nào và với vận tốc bằng bao nhiêu?

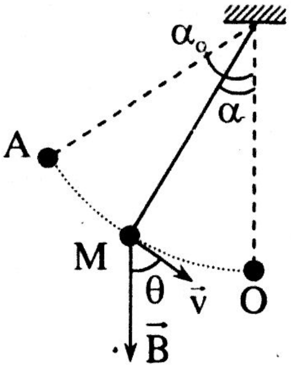
6. Một mạch điện ABCD đặt thẳng đứng trong từ trường đều như hình 117. Đoạn CD có khối lượng m, chiều dài $l$ có thể trượt không ma sát và luôn tiếp xúc với các thanh Ax và By. Hãy mô tả chuyển động của đoạn CD



*Hình 117*

7. Một đoạn dây dẫn thẳng AB dài $l = 30$cm, được treo nằm ngang bằng hai dây dẫn mảnh, nhẹ, có chiều dài $L = 60$cm. Hệ thống đặt trong từ trường đều có $B = 0,4$T như hình 118. Kéo lệch AB để dây treo hợp với phương thẳng đứng một góc $\alpha = 60^o$ rồi buông nhẹ.

Viết biểu thức suất điện động cảm ứng xuất hiện trong đoạn AB khi dây treo hợp với phương thẳng đứng một góc $\alpha$. Tìm giá trị cực đại của suất điện động cảm ứng. Bỏ qua mọi lực cản, lấy $g = 10$m/s$^2$.



*Hình 118*

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Suất điện động cảm ứng: $E = Blv\sin\theta = 0,04.0,5.0,5.0,5 = 0,005V$.

**2.** a) Suất điện động cảm ứng: $\mathsf{E} = Blv\sin\theta = 0{,}4.1.2.\frac{\sqrt{2}}{2} = 0{,}564\text{V}$.

b) Cường độ dòng điện: $I = \frac{\mathsf{E}}{R} = \frac{0{,}564}{0{,}2} = 2{,}82\text{A}$.

**3.** Suất điện động cảm ứng: $\mathsf{E} = Blv = 0{,}08.0{,}4.7 = 0{,}224\text{V}$.

Cường độ dòng điện trong mạch: $I = \frac{\mathsf{E}}{R} = \frac{0{,}224}{0{,}5} = 0{,}448\text{A}$.

Số chỉ của ampe kế là $I = 0{,}448\text{A}$.

**4.** Suất điện cảm ứng phát sinh trên đoạn MN:

$\mathsf{E} = Blv = 0{,}3.0{,}4.2 = 0{,}24\text{V}$.

Cường độ dòng điện qua ampe kế: $I = \frac{\mathsf{E}}{R} = \frac{0{,}24}{3} = 0{,}08\text{A}$.

Theo quy tắc Lenxơ, dòng điện cảm ứng chạy theo chiều $NN'$.

**5.** a) Khi MN đứng yên thì trong mạch chỉ có suất điện động $e_0$, vì vậy số chỉ của ampe kế là: $I_0 = \frac{e_0}{R + r} = \frac{1{,}5}{2{,}9 + 0{,}1} = 0{,}5\text{A}$.

b) Khi MN chuyển động thì trong mạch có thêm suất điện động cảm ứng: $\mathsf{E} = Blv = 0{,}1.1.3 = 0{,}3\text{V}$.

Theo quy tắc bàn tay phải, cực dương của nguồn suất điện động cảm ứng nằm về phía N của thanh MN, tức nguồn $\mathsf{E}$ và $e_0$ nối tiếp nhau.

Cường độ dòng điện lúc đó: $I = \frac{\mathsf{E} + e_0}{R + r} = \frac{0{,}3 + 1{,}5}{2{,}9 + 0{,}1} = 0{,}6\text{A}$.

Vậy, ampe kế chỉ 0,6A.

c) Muốn dòng điện trong mạch bằng 0, thì nguồn suất điện động cảm ứng trong thanh phải xung đối với nguồn $e_0$.

Muốn vậy, thanh MN phải dịch chuyển theo hướng ngược lại với vận tốc $v'$ thoả mãn: $\mathsf{E} = e_0 = Blv' \Rightarrow v' = \frac{e_0}{Bl} = \frac{1{,}5}{0{,}1.1} = 15\text{m/s}$.

**6.** Ban đầu, dưới tác dụng của trọng lực, thanh chuyển động chuyển động xuống dưới với vận tốc $v = gt$. Trong mạch xuất hiện suất điện động cảm ứng $\mathsf{E}_c = Blv$ gây ra dòng điện cảm ứng $I_c = \frac{\mathsf{E}_c}{R} = \frac{Blv}{R}$ chạy theo chiều từ C đến D (theo quy tắc Lenxơ).

Khi trong thanh CD có dòng điện thì nó chịu tác dụng của lực từ hướng thẳng đứng lên trên (theo quy tắc bàn tay trái):

$$F = BIl = \frac{B^2l^2v}{R}$$

Thanh CD đạt vận tốc cực đại khi F = P, sau đó thanh chuyển động đều. Ta có: $\frac{B^2l^2v_{max}}{R} = mg \Rightarrow v_{max} = \frac{mgR}{B^2l^2}$.

Vậy, ban đầu thanh chuyển động xuống dưới nhanh dần, đến khi đạt vận tốc $v_{max} = \frac{mgR}{B^2l^2}$ thì chuyển động đều với vận tốc đó.

**7.** Tại M, vận tốc của đoạn dây AB có thể tính từ định luật bảo toàn cơ năng:

$W_M = W_A \Rightarrow v = \sqrt{2gL(\cos\alpha - \cos\alpha_0)}$.

Suất điện động cảm ứng trong đoạn AB:

$$E = Blv\sin\theta = Blv\sin(90^o - \alpha) = Blv\cos\alpha.$$

Hay: $E = Bl\sqrt{2gL(\cos\alpha - \cos\alpha_0)}\cos\alpha$.

suất điện động đạt cực đại khi cosα = 1 (tức α = 0).

Khi đó: $E_{max} = Bl\sqrt{2gL(1 - \cos\alpha_0)}$.

Thay số: $E_{max} = 0{,}4.0{,}3\sqrt{2.10.0{,}6(1 - 0{,}5)} = 0{,}29V$.

# § 39-40. DÒNG ĐIỆN PHU-CÔ. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM. NĂNG LƯỢNG CỦA TỪ TRƯỜNG

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Dòng điện Phu-cô

Dòng điện cảm ứng được sinh ra ở trong khối vật dẫn khi vật dẫn chuyển động trong từ trường hay được đặt trong từ trường biến đổi theo thời gian là dòng điện Phu-cô.

Đặc tính chung của các dòng điện Phu-cô là tính chất xoáy. Nói cách khác các đường dòng của dòng Phu-cô là các đường cong kín trong khối vật dẫn.

### 2. Hiện tượng tự cảm

Hiện tượng cảm ứng điện từ trong một mạch điện do chính sự biến đổi của dòng điện trong mạch đó gây ra gọi là hiện tượng tự cảm.

### 3. Suất điện động tự cảm

*a) Hệ số tự cảm*

Hệ số tự cảm của một ống dây dài đặt trong không khí:

$L = 4\pi.10^{-7}n^2V$, trong đó n là số vòng dây trên một đơn vị chiều dài của ống, V là thể tích của ống.

Trong hệ SI, đơn vị của hệ số tự cảm là henri (H).

*b) Suất điện động tự cảm*

Công thức xác định suất điện động tự cảm: $\mathcal{E} = -L\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$.

### 4. Năng lượng từ trường

*a) Năng lượng của ống dây có dòng điện*

Công thức: $W = \dfrac{1}{2}LI^2$.

*b) Năng lượng từ trường*

Công thức: $W = \dfrac{1}{8\pi}10^7B^2V$.

Mật độ năng lượng từ trường: $w = \dfrac{1}{8\pi}10^7B^2$.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Tính hệ số tự cảm của một ống dây dài 60cm, diện tích tiết diện ngang của ống là 10cm$^2$ và có 3000 vòng dây.
2. Một ống dây có hệ số tự cảm bằng 0,02 H. Khi đó dòng điện chạy qua, ống dây có năng lượng 0,04 J. Tính cường độ dòng điện trong ống dây.

**3.** Một ống dây dài 40cm có 800 vòng dây. Diện tích phần mặt giới hạn bởi mỗi vòng dây là 10 $cm^2$. Cường độ dòng điện qua ống tăng từ 0 đến 4A. Hỏi nguồn điện đã cung cấp cho ống dây một năng lượng lượng bằng bao nhiêu?

**4.** Trong một mạch điện có độ tự cảm L = 0,8H có dòng điện giảm đều từ $I_1$ = 0,4A đến $I_2$ = 0 trong thời gian 0,1s. Tính suất điện động tự cảm trong mạch.

**5.** Một ống dây có độ tự cảm L = 0,3H, điện trở R = 1Ω. Muốn tích luỹ năng lượng từ trường là 60J trong ống dây thì phải cho dòng điện có cường độ bao nhiêu đi qua ống dây đó? Khi đó công suất nhiệt của ống dây là bao nhiêu?

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** Hệ số tự cảm: $L = 4\pi.10^{-7}.n^2\,V$ .

Thay số: $L = 4.3,14.10^{-7}.(\frac{3000}{0,6})^2.0,6.10.10^{-4} = 1,9.10^{-3}H.$

**2.** Từ công thức: $W = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow I = \sqrt{\frac{2W}{L}} = \sqrt{\frac{2.0,04}{0,02}} = 2A.$

**3.** Hệ số tự cảm của ống dây:

$$L = 4\pi.10^{-7}v^2\varsigma = 4.3,14.10^{-7}.(\frac{800}{0,4})^2.10.10^{-4}.0,4 = 0,002H$$

Năng lượng của ống dây lúc đầu bằng không.

Năng lượng của ống dây lúc sau: $W = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}.0,002.4^2 = 0,016J.$

Vì năng lượng ống dây lúc đầu bằng không nên W cũng chính là năng lượng mà nguồn điện đã cung cấp cho ống dây.

**4.** Suất điện động tự cảm: $\left|\mathcal{E}\right| = L\left|\frac{\Delta I}{\Delta t}\right| = 0,8\frac{0,4}{0,1} = 3,2V$

**5.** Ta có : $W = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow I = \sqrt{\frac{2W}{L}} = \sqrt{\frac{2.60}{0,3}} = 20A$

Công suất nhiệt : $P = RI^2 = 1.20^2 = 400W.$

# Chương 6. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA QUANG HÌNH HỌC

## § 41. ĐỊNH LUẬT TRUYỀN THẲNG ÁNH SÁNG ĐỊNH LUẬT PHẢN XẠ ÁNH SÁNG

### A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Định luật truyền thẳng ánh sáng

Trong một môi trường trong suốt và đồng tính, ánh sáng truyền đi theo đường thẳng.

### 2. Tia sáng, chùm sáng

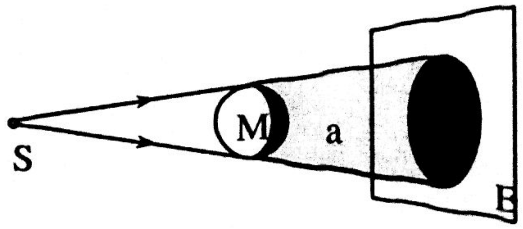
Trong quang học, có thể biểu diễn một tia sáng bằng một đường thẳng trên đó có mũi tên chỉ chiều truyền của ánh sáng. Trong thực tế, không bao giờ có một tia sáng cô lập. Một tập hợp của vô số tia sáng được gọi là chùm sáng hay chùm tia sáng. Có 3 loại chùm sáng: Chùm sáng song song, chùm sáng hội tụ và chùm sáng phân kì.

### 3. Bóng tối, bóng nửa tối

***a) Bóng tối***

Một vật M chắn sáng được đặt giữa một nguồn sáng điểm S và một màn ảnh E.

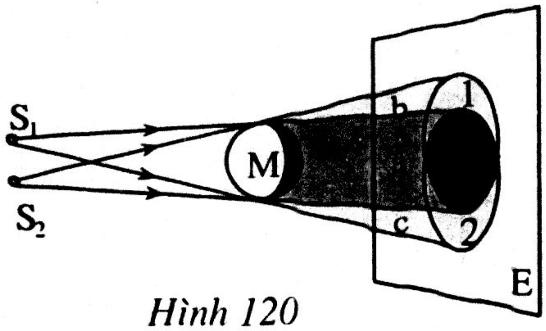
Trên màn, ta thấy một vùng tối, do ánh sáng phát ra từ S đã bị vật M cản lại. Vùng tối này được gọi là bóng tối. Vùng không gian (a) giữa vật chắn sáng M và vùng E được gọi là vùng bóng tối (hình 119).



*Hình 119*

***b) Bóng nửa tối***

Xét hai nguồn sáng điểm $S_1$ và $S_2$. Trên màn E, vùng (1) chỉ nhận được ánh sáng từ $S_1$, vùng (2) chỉ nhận được ánh sáng từ $S_2$ tới, vùng (3) không nhận được ánh sáng của cả $S_1$ và $S_2$.



*Hình 120*

Các vùng (1) và (2) trên màn E là các bóng mờ, được gọi là các bóng nửa tối. Vùng (3) được gọi là bóng tối. Giữa vật M và màn E, các vùng không gian (b) và (c) được gọi là các vùng bóng nửa tối, vùng (a) được gọi là vùng tối (hình 120).

Nếu thay $S_1$, $S_2$ bằng một nguồn sáng có kích thước lớn, ta cũng được bóng tối và bóng nửa tối trên màn E tương tự hiện tượng trên.

### 4. Định luật phản xạ ánh sáng

Tia phản xạ nằm trong mặt phẳng tới.

Góc phản xạ bằng góc tới: $i' = i$

### 5. Gương phẳng

Gương phẳng là một phần mặt phẳng phản xạ tốt ánh sáng.

### 6. Tính chất thật, ảo của vật và ảnh

Với gương phẳng, vật thật cho ảnh ảo; ngược lại, ảnh ảo cho vật thật. Điểm vật và điểm ảnh đối xứng với nhau qua gương phẳng.

- Ảnh ảo quan sát được bằng mắt nhưng không thể hứng lên màn.
- Ảnh thật có thể hứng được lên màn.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Khi có hiện tượng nhật thực xảy ra, không phải nơi nào trên trái đất cũng đều quan sát thấy hiện tượng này: Có nơi quan sát được nhật thực toàn phần, có nơi quan sát được nhật thực một phần và cũng có những nơi hoàn toàn không quan sát được hiện tượng nhật thực. Hãy giải thích tại sao lại như vậy?

2. Khi quan sát nhật thực, các nhà khoa học phải chuẩn bị rất chu đáo trong việc ghi lại những hình ảnh của hiện tượng kì thú này, vì theo họ, hiện tượng nhật thực chỉ xảy ra trong một thời gian rất ngắn (chừng trên dưới hai phút mà thôi). Vì sao hiện tượng nhật thực lại chỉ xảy ra trong một thời gian ngắn như vậy?

3. Khi có hiện tượng nguyệt thực, có phải ai cũng thấy được nguyệt thực toàn phần không? Có phải tất cả mọi người đều quan sát được hiện tượng cùng một lúc không? Hãy giải thích.

4. Một người nhìn thấy ảnh của một cột điện trong một vũng nước nhỏ. Người ấy đứng cách vũng nước 1,4m và cách chân cột điện 8,2m. Mắt người cách chân 1,6m. Tính chiều cao của cột điện.

5. Chiếu tia sáng từ không khí vào một môi trường trong suốt có chiết suất $n = 1,732$. Tính góc tới, biết rằng tia khúc xạ vuông góc với tia phản xạ.

6. Một người cao 174 cm. Mắt người ấy cách đỉnh đầu 10 cm. Người ấy đứng trước một gương phẳng treo thẳng đứng trên tường. Hãy tính chiều cao tối thiểu của gương và khoảng cách tối đa từ mép dưới của gương đến mặt đất để người ấy có thể nhìn thấy toàn bộ ảnh của mình trong gương. Kết quả thu được có phụ thuộc khoảng cách từ người đến gương không? Tại sao?

**7.** Hai gương phẳng $G_1$ và $G_2$ đặt nghiêng nhau một góc $\alpha = 120^0$. Một điểm sáng S đặt trước hai gương cách giao tuyến của hai gương một khoảng 10cm. Tính khoảng cách giữa hai ảnh ảo đầu tiên của S qua hai gương.

**8.** Người ta muốn dùng một gương phẳng để chiếu một chùm tia sáng mặt trời xuống đáy một giếng sâu, thẳng đứng, hẹp. Tính góc giữa mặt gương và mặt phẳng nằm ngang, biết các tia sáng mặt trời nghiêng trên mặt đất một góc $\alpha = 30^0$.

**9.** Chiếu một tia tới SI vào một gương phẳng cho tia phản xạ IR.

a) Cho gương quay một góc α quanh một trục vuông góc với mặt phẳng tới và đi qua điểm tới, chứng minh rằng tia phản xạ quay một góc 2α.

b) Kết quả này có thay đổi không nếu trục quay là bất kì, miễn là nó nằm trên gương và vuông góc với mặt phẳng tới.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** Hiện tượng nhật thực là hiện tượng xảy ra khi mặt trăng che khuất mặt trời. Khi chuyển động, mặt trăng chắn một phần các tia sáng của mặt trời tạo trên mặt đất một vùng bóng tối nằm giữa một vùng bóng nửa tối. Những người ở trong vùng bóng tối sẽ quan sát được nhật thực toàn phần, những người ở trong vùng bóng nửa tối sẽ quan sát được hiện tượng nhật thực một phần. Những người nằm ngoài hai vùng này sẽ không quan sát được hiện tượng nhật thực.

**2.** Nguyên nhân chính là do mặt trăng không đứng yên mà liên tục chuyển động, bóng tối và bóng nửa tối do mặt trăng tạo ra trên mặt đất không cố định mà quét thành một dải cong. Chỉ khi bóng tối quét qua vị trí đang khảo sát trên mặt đất thì tại vị trí ấy mới quan sát được hiện tượng nhật thực toàn phần, khi bóng tối đã quét qua, hiện tượng nhật thực sẽ mất đi.

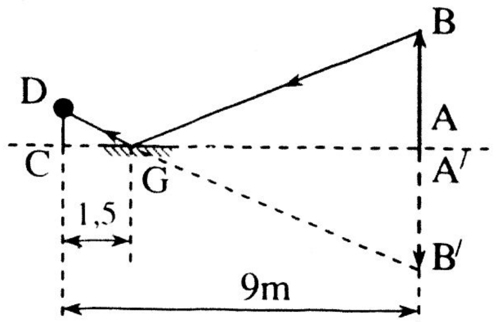
**3.** Hiện tượng nguyệt thực xảy ra khi mặt trăng bị bóng tối của trái đất che khuất. Hiện tượng nguyệt thực chỉ xảy ra vào những đêm trăng tròn. Nếu toàn bộ mặt trăng lọt vào hình nón bóng tối của trái đất, người quan sát sẽ trông thấy nguyệt thực toàn phần. Nếu chỉ một phần mặt trăng lọt vào hình nón của bóng tối đó, người quan sát sẽ trông thấy nguyệt thực một phần. Khi có nguyệt thực, mọi người ở phần nửa về đêm của trái đất đều trông thấy cùng giờ, và trông thấy cùng một hiện tượng: hoặc là nguyệt thực toàn phần, hoặc là nguyệt thực một phần, tuy nhiên có những nơi quan sát được hiện tượng vào chập tối, có những nơi quan sát được vào lúc nửa đêm và cũng có những nơi quan sát được vào lúc gần sáng.

**4.** Coi mặt nước như một gương phẳng phản xạ tốt ánh sáng.

Sự tạo ảnh được biểu diễn như hình 121.

Từ các tam giác đồng dạng GDC và GBA ta có :

$$AB = \frac{GA}{GC}CD = \frac{8{,}2 - 1{,}4}{1{,}4}1{,}6 = 7{,}78\text{m}.$$



*Hình 121*

**5.** Theo định luật phản xạ ánh sáng: $i' = i$.

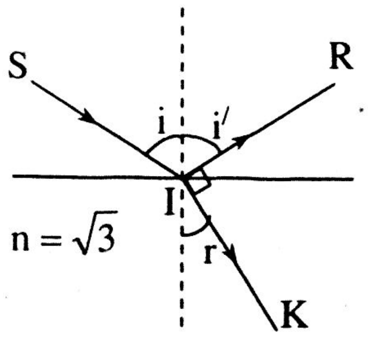
Theo định luật khúc xạ ánh sáng :

$$\sin i = n\sin r. \quad (*)$$

Vì tia phản xạ và tia khúc xạ vuông góc nhau (hình 122) nên :

$i' + r = 90^0 \Rightarrow \ \sin r = \cos i' = \cos i$.

Thay vào (*): $\text{tg}i = n = \sqrt{3} \ \Rightarrow \ i = 60^0$.



*Hình 122*

**6.** Gọi $A'$, $M'$ và $B'$ là ảnh của người trong gương, $A'$, $M'$ và $B'$ nằm đối xứng với A, M và B qua mặt gương, tức là qua mặt tường (hình 123).

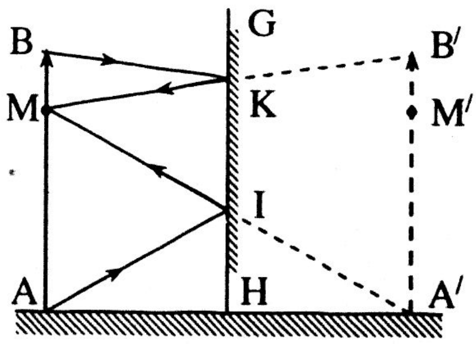
Muốn nhìn thấy toàn bộ ảnh $A'B'$ trong gương thì phải có hai tia phản xạ $A'M$ và $B'M$ đi vào mắt. Muốn nhìn thấy cả $A'$ và $B'$ thì chiều cao tối thiểu của gương là IK.

Do tính chất đối xứng, AB và $A'B'$ đối xứng nhau qua gương. IK là đường trung bình của tam giác $A'MB'$. Ta có :

$$IK = \frac{A'B'}{2} = \frac{AB}{2} = \frac{174}{2} = 87\text{cm}$$

Khoảng cách tối đa từ mép dưới của gương đến mặt đất:

$$HI = \frac{MA}{2} = \frac{174 - 10}{2} = 82\text{cm}$$

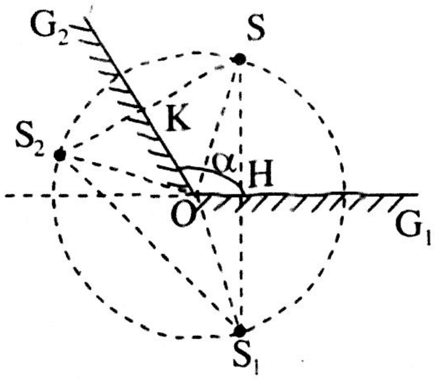


*Hình 123*

Vì ảnh $A'B'M'$ luôn luôn nằm đối xứng với ABM qua mặt gương, nên bao giờ ta cũng có: $IK = \dfrac{AB}{2}$ và $HK = \dfrac{MA}{2}$, không phụ thuộc vào khoảng cách từ người đến gương.

**7.** Do tính chất đối xứng qua gương nên S, $S_1$ và $S_2$ cùng nằm trên đường tròn tâm O bán kính R = 10 cm. (hình 124)

Vì $SS_1$ và $SS_2$ lần lượt vuông góc với $G_1$ và $G_2$ nên: $\widehat{S_1SS_2} = \pi - \alpha$.



Hình 124

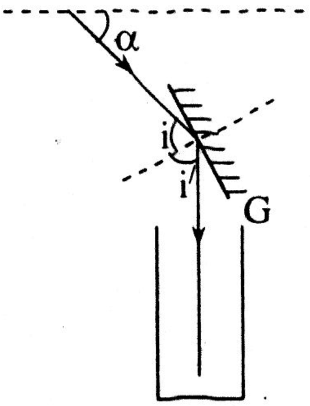
Góc ở tâm: $\widehat{S_1OS_2} = 2\widehat{S_1SS_2} = 2(\pi - \alpha)$.

Chú ý rằng tam giác $S_1OS_2$ cân tại O nên :

$$\widehat{OS_1S_2} = \widehat{OS_{21}S_1} = \frac{2\pi - \alpha}{2} = \varphi = 30^0.$$

$$\Rightarrow S_1S_2 = 2R\cos\varphi = 2.10.\frac{\sqrt{3}}{2} = 10\sqrt{3} \text{ cm.}$$

**8.** Trên hình 125 dễ thấy :



Hình 125

$$i + i' - \alpha = 90^0 \Rightarrow i = \frac{90^0 + 30^0}{2} = 60^0$$

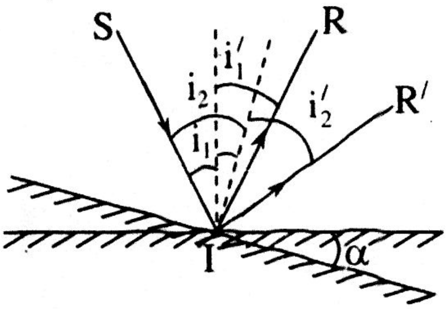
Gọi φ là góc hợp bởi phương thẳng đứng và mặt gương, khi đó : $2\varphi + 2i = 180^0$

$$\Rightarrow \varphi = \frac{180^0 - 2.60^0}{2} = 30^0$$

Góc giữa gương và mặt phẳng ngang:

$$90^0 - 30^0 = 60^0.$$

**9.** a) Trục quay đi qua điểm tới (hình 126).



Hình 126

Gọi IR là tia phản xạ khi chưa quay gương; IR′ là tia phản xạ sau khi quay gương.

Theo định luật phản xạ ánh sáng:

$$i_1' = i_1 \,;\; i_2' = i_2$$

Góc lệch giữa IR và IR′: $\beta = \widehat{RIR'} = 2i_2 - 2i_1$

Chú ý rằng : $i_2 = i_1 + \alpha$. Từ đó suy ra: $\beta = 2\alpha$.

b) Trục quay bất kì (hình 127).

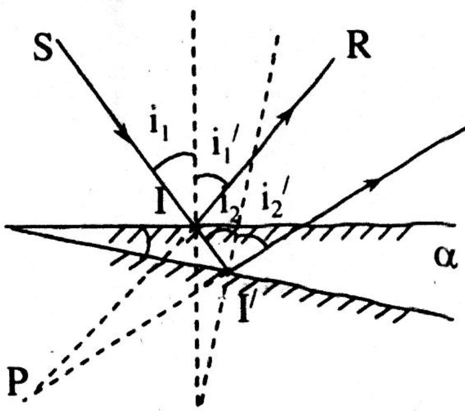
Theo định luật phản xạ ánh sáng:

$$i_1' = i_1 \,;\; i_2' = i_2$$

Trong $\Delta IPI'$, Góc lệch giữa IR và IR′:

$$\beta = \widehat{RPR'} = 2i_2 - 2i_1$$

Trong $\Delta IQI'$ $i_2$ là góc ngoài của tam giác nên: $i_2 = i_1 + \alpha \Rightarrow \beta = 2\alpha$.



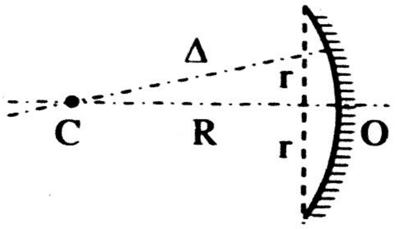
Hình 127

# § 42. GƯƠNG CẦU

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Gương cầu

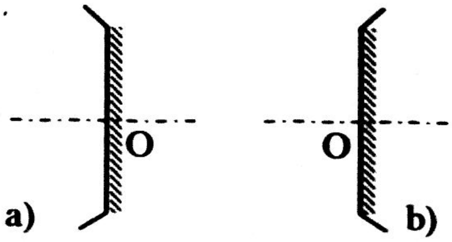
Một chỏm cầu phản xạ tốt ánh sáng gọi là gương cầu (hình 128). Trong đó O là đỉnh gương, R là bán kính mặt cầu, C là tâm gương, r là bán kính mở (khẩu độ), đường thẳng OC đi qua tâm và đỉnh gương gọi là trục chính, đường thẳng Δ bất kì đi qua tâm gương gọi là trục phụ.



*Hình 128*

Có hai loại gương cầu:

- Gương cầu lõm có mặt phản xạ là mặt lõm (hình 129a)
- Gương cầu lồi có mặt phản xạ là mặt lồi (hình 129b)



*Hình 129*

### 2. Tiêu điểm. Tiêu cự. Tiêu diện

***a) Tiêu điểm***

Khi chiếu một chùm sáng song song với trục chính tới một gương cầu, các tia phản xạ (hoặc đường kéo dài của chúng) cắt nhau tại một điểm trên trục chính gọi là tiêu điểm chính (F).

***b) Tiêu cự***

Tiêu cự là một độ dài đại số: $|f| = OF$

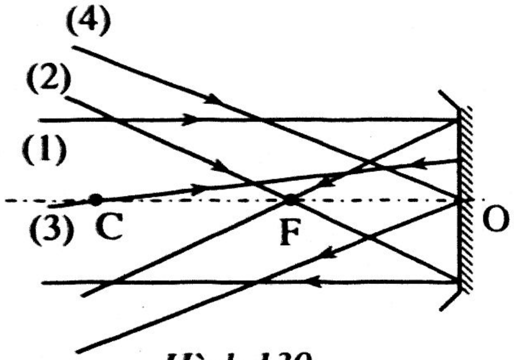
***c) Tiêu diện***

Tiêu diện (hay mặt phẳng tiêu) là mặt phẳng vuông góc với trục chính tại tiêu điểm F. Giao điểm của trục phụ với tiêu diện được gọi là tiêu điểm phụ.

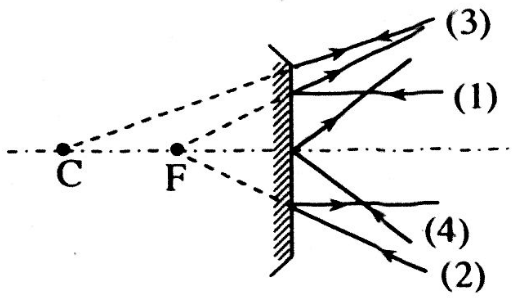
### 3. Đường đi của tia sáng

Ta xét đường đi của bốn tia sáng đặc biệt: (hình 130 và 131):

- Tia tới (1) song song với trục chính cho tia phản xạ (Hoặc đường kéo dài của tia phản xạ) qua tiêu điểm F.
- Tia tới (2) (hoặc đường kéo dài) qua tiêu điểm F cho tia phản xạ song song với trục chính.
- Tia tới (3) (hoặc đường kéo dài) qua tâm C. Cho tia phản xạ có phương trùng với phương tia tới.
- Tia tới (4) đến điểm O cho tia phản xạ đối xứng với tia tới qua trục chính.



*Hình 130*

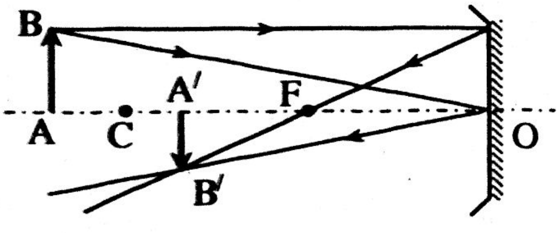


*Hình 131*

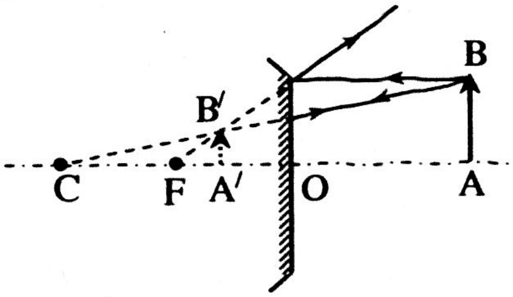
### 4. Ảnh cho bởi gương cầu

***Xác định vị trí của ảnh bằng cách vẽ đường đi của tia sáng***

Muốn vẽ ảnh của vật AB hình mũi tên qua gương cầu, từ B, vẽ hai tia tới (nên dùng hai tia đặc biệt). Giao điểm của các tia phản xạ là ảnh B/ của đỉnh B. Từ B/ hạ đường thẳng vuông góc với trục chính, ta được ảnh A'B' của vật AB (hình 132). Đối với gương cầu lồi ta xác định ảnh như hình 133.



*Hình 132*



*Hình 133*

### 5. Công thức gương cầu

Gọi d và d/ là các khoảng cách từ vật và ảnh tới gương, ta có:

$$\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{f}\text{. Trong đó } |f|=\frac{R}{2}.$$

Quy ước về dấu: Vật thật : $d > 0$, vật ảo: $d < 0$

ảnh thật : $d' > 0$, ảnh ảo: $d' < 0$

Gương cầu lõm: $f > 0$, gương cầu lồi: $f < 0$

Độ phóng đại: $k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ hay $k = -\frac{d'}{d}$.

Nếu $k > 0$ : ảnh và vật cùng chiều; Nếu $k < 0$ : ảnh và vật ngược chiều.

### 6. Điều kiện tương điểm

Muốn có ảnh rõ nét, tất cả các tia phản xạ ứng với tia tới khác nhau xuất phát từ S đều phải cắt nhau tại một điểm duy nhất S/. Muốn vậy, các tia tới phải làm với trục chính một góc nhỏ. Điều kiện này gọi là điều kiện tương điểm (hay điều kiện để ảnh rõ của gương cầu).

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Với gương phẳng, bất kì vật nào đặt trước gương đều cho ảnh ảo. Điều này có đúng cho gương cầu lõm không? Muốn nhìn được ảnh của mặt mình qua gương cầu lõm cần phải đặt gương ở vị trí thích hợp nào?

2. Trên các loại xe ô tô, xe máy gương chiếu hậu thường dùng là những gương cầu. Ở những khúc đường đèo quanh co, "gương an toàn" cũng là những gương cầu. Tại sao người ta không dùng gương phẳng trong những trường hợp này? Hãy giải thích.

3. Các bác sĩ nha khoa thường dùng một dụng cụ giống như một cái thìa inốc nhỏ để khám răng cho bệnh nhân. Cái thìa nhỏ đó có tác dụng gì?

4. Gương cầu lõm đã được sử dụng như thế nào trong việc chế tạo các loại đèn pha dùng trong các phương tiện giao thông như ô tô, xe máy, tàu hỏa...?

5. Đặt một vật phẳng nhỏ vuông góc với trục chính của một gương cầu, cách gương 40 cm. Ta thấy có một ảnh ảo lớn gấp hai lần vật. Gương đó là gương gì ? Xác định tiêu cự của nó.

6. Đặt một vật phẳng nhỏ AB vuông góc với trục chính của một gương cầu lõm và cách gương 50cm. A nằm trên trục chính. Gương có bán kính 80cm.

   a) Xác định vị trí, tính chất và độ phóng đại ảnh.

   b) Dịch chuyển vật một khoảng 20 cm lại gần gương, dọc theo trục chính. Xác định vị trí, tính chất và độ phóng đại của ảnh.

7. Đặt một vật phẳng AB vuông góc với trục chính của một gương cầu, cách gương 25 cm. Gương có bán kính 1m. Xác định vị trí, tính chất và độ phóng đại của ảnh.

8. Một đèn pha gồm một gương cầu lõm G có đường rìa hình tròn đường kính a và một bóng đèn điện mà dây tóc coi như một nguồn sáng điểm S, có thể dịch chuyển dọc theo trục chính của gương. Một màn E đặt vuông góc với trục chính của gương và cách đỉnh gương 180cm.

   a) Lúc đầu nguồn sáng S đặt sát đỉnh gương, sau dịch S ra xa dần. Người ta thấy có hai vị trí của S cho trên màn E một vết sáng tròn có đường kính cũng đúng bằng a, hai vị trí này cách nhau 3 cm.

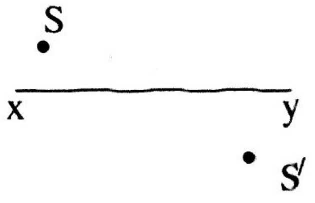
   - Hãy vẽ đường đi của tia sáng và giải thích hiện tượng đó.
   - Tính tiêu cự f của gương cầu.

   b) Tìm vị trí của S để ảnh của dây tóc bóng đèn hiện rõ trên màn.

9. Cho hệ gồm một gương cầu lồi và một gương cầu lõm có cùng bán kính cong R, đặt cùng trục chính, khoảng cách giữa hai gương là 2R. Một nguồn sáng điểm A đặt tại một điểm trên trục chính chung của hai gương.

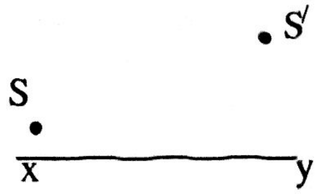
Xác định vị trí của A để những tia sáng xuất phát từ A sau khi phản xạ thứ tự trên gương cầu lồi, sau đó trên gương cầu lõm, lại hội tụ tại A.

**10.** Cho xy là trục chính của một gương cầu. S là điểm sáng, $S'$ là ảnh của S qua gương (hình 134). Bằng phép vẽ hãy xác định loại gương, vị trí tâm gương, đỉnh và các tiêu điểm của gương.



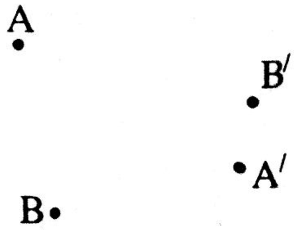
*Hình 134*

**11.** Cho xy là trục chính của một gương cầu. S là điểm sáng, $S'$ là ảnh của S qua gương (hình 135). Bằng phép vẽ hãy xác định loại gương, vị trí tâm gương, đỉnh và các tiêu điểm của gương.



*Hình 135*

**12.** Trên hình 136: A và B là các điểm sáng. $A'$ và $B'$ là ảnh của A, B qua gương cầu. Bằng phép vẽ, hãy xác định loại gương, vị trí đỉnh, tâm và các tiêu điểm của gương.



*Hình 136*

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** Không đúng cho gương cầu lõm. Với gương cầu lõm, vật thật có thể cho ảnh thật hoặc ảnh ảo: Vật thật cho ảnh ảo khi vật đặt trong khoảng từ đỉnh gương đến tiêu điểm của gương mà thôi. Muốn nhìn thấy ảnh của mặt mình qua gương cầu lõm phải đặt gương cầu lõm trước mặt và điều chỉnh sao cho khoảng cách từ gương đến mặt nhỏ hơn tiêu cự của gương.

**2.** Vấn đề là ở chỗ, gương cầu có thị trường lớn hơn hẳn so với thị trường của một gương phẳng cùng kích thước. Hơn nữa, những gương này chỉ dùng với mục đích cơ bản là quan sát chứ không cần đến sự tạo ảnh chính xác của vật. Tuy nhiên, nếu gương dùng vào việc trang điểm cho các diễn viên trước khi lên sân khấu chẳng hạn thì việc dùng gương cầu là hoàn toàn không hợp lí. Khi đó người ta phải dùng một gương phẳng thật tốt.

**3.** Cái thìa nhỏ đó có tác dụng như một gương cầu lõm. Bác sĩ có thể quan sát mặt ngoài của răng nhưng không thể quan sát mặt trong của răng được, dùng gương cầu lõm nói trên đưa vào miệng bệnh nhân bác sĩ có thể nhìn thấy ảnh của mặt trong của răng qua gương cầu, làm cho việc khám bệnh đạt hiệu quả hơn.

**4.** Một trong những đặc điểm của gương cầu lõm là nếu một điểm sáng đặt tại tiêu điểm của gương, thì sẽ cho chùm tia phản xạ là chùm song song. Dựa vào đặc điểm này, muốn tạo chùm sáng song song mạnh của đèn pha, người ta đặt một bóng đèn trên trục chính của gương cầu lõm và có thể dịch chuyển nó một cách dễ dàng dọc theo trục đó. Khi vị trí của bóng đèn được điều chỉnh đúng tiêu điểm, đó là lúc chùm phản xạ tạo ra là chùm song song.

5. Đối với gương cầu lồi, vật thật luôn cho ảnh ảo nhỏ hơn vật.

Đối với gương cầu lõm, vật thật có thể cho ảnh ảo lớn hơn vật.

Theo điều kiện bài toán, gương là gương cầu lõm vì nó cho ảnh ảo lớn hơn vật. Ta có: $k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d} = 2 \Rightarrow d' = -2d = -80$ cm.

Tiêu cự của gương: $f = \frac{d'd}{d' + d} = \frac{-80.40}{-80 + 40} = 80$ cm.

6. a) Tiêu cự của gương : $f = \frac{R}{2} = \frac{80}{2} = 40$ cm.

Khoảng cách từ ảnh $A'B'$ đến gương: $d' = \frac{d.f}{d - f} = \frac{50.40}{50 - 40} = 200$ cm.

Độ phóng đại: $k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d} = -\frac{200}{50} = -4$.

Vậy ảnh là thật, ngược chiều vật, có độ phóng đại là 4, cách gương 200cm.

b) Khi dịch chuyển vật lại gần gương một đoạn 20 cm, khoảng cách từ vật đến gương lúc này là $d_1 = 50 - 20 = 30$ cm.

Khoảng cách từ ảnh $A_1B_1$ đến gương: $d_1' = \frac{d_1.f}{d_1 - f} = \frac{30.40}{30 - 40} = -120$cm.

Độ phóng đại: $k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d_1'}{d_1} = \frac{120}{30} = 4$.

7. * Trường hợp 1: Gương cầu lõm.

Tiêu tiêu cự của gương: $f = \frac{R}{2} = \frac{100}{2} = 50$ cm.

Vị trí của ảnh: $d' = \frac{d.f}{d - f} = \frac{25.50}{25 - 50} = -50$ cm.

Vậy ảnh là ảnh ảo, cùng chiều và nằm cách gương 50 cm.

Độ phóng đại : $k_1 = -\frac{d'}{d} = -\frac{-50}{25} = 2$

* Trường hợp 2 : Gương cầu lồi.

Tiêu tiêu cự của gương: $f = -\frac{R}{2} = -\frac{100}{2} = -50$ cm.

Vị trí của ảnh: $d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{25.(-50)}{25-(-50)} = -\frac{50}{3}$ cm.

Vậy, ảnh là ảnh ảo, cùng chiều và nằm cách gương $\frac{50}{3}$ cm.

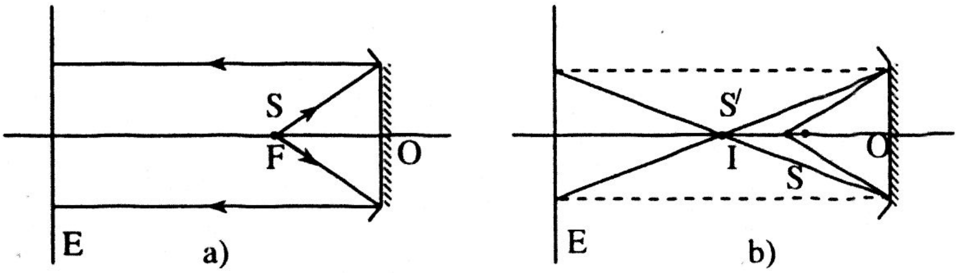
Độ phóng đại: $k_2 = -\frac{d'}{d} = -\frac{-\frac{50}{3}}{25} = \frac{2}{3}$.

**8.** a) Vẽ đường đi của tia sáng và giải thích hiện tượng.

Có hai trường hợp có thể xảy ra.

Trường hợp 1: Nguồn sáng S đặt ở tiêu điểm cho chùm phản xạ là chùm song song (hình 137a).

Trường hợp 2: Nguồn sáng S cho ảnh thật ở trung điểm I giữa khoảng cách gương và màn (hình 137b).



*Hình 137*

* Tính tiêu cự:

Dùng công thức gương cầu cho hình 120b:

Ta có : $d = f + 3$ và $d' = \frac{180}{2} = 90$ cm.

Từ công thức gương cầu $\Rightarrow \frac{1}{90} + \frac{1}{f+3} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 15$ cm.

b) Vị trí của S

Khi ảnh dây tóc hiện rõ trên màn hình ta có: $f = 15$ cm ; $d' = 180$ cm.

$\Rightarrow d' = \frac{d'f'}{d'-f'} = \frac{180.15}{180-15} = \frac{2700}{165} = \frac{180}{11}$(cm)

Vậy S cách đỉnh O một khoảng $\frac{180}{11}$(cm).

**9.** Sơ đồ tạo ảnh: $A \xrightarrow{\text{gươnglồi}} A_1 \xrightarrow{\text{gươnglõm}} A_2 \equiv A$

Gọi x là khoảng cách từ A đến gương cầu lồi: $d_1 = x$

Tiêu cự của gương cầu lồi: $f_1 = -\frac{R}{2}$

Khoảng cách từ ảnh $A_1$ đến gương cầu lồi: $d_1' = \frac{d_1.f}{d_1 - f}$

hay $d_1' = \frac{x(-\frac{R}{2})}{x-(-\frac{R}{2})} = -\frac{Rx}{2x+R}$

Khoảng cách từ $A_1$ đến gương cầu lõm: $d_2 = 2R - d_1'$

hay $d_2 = 2R + \frac{Rx}{2x+R} = \frac{5Rx+2R^2}{2x+R}$

Khoảng cách từ $A_2$ đến gương cầu lõm: $d_2' = \frac{d_2.f_2}{d_2 - f_2}$

Tiêu cự của gương cầu lõm: $f = \frac{R}{2}$

Suy ra: $d_2' = \frac{(\frac{5Rx+2R^2}{2x+R})(\frac{R}{2})}{\frac{5Rx+2R^2}{2x+R} - \frac{R}{2}} = \frac{5R^2x+2R^3}{8Rx+3R^2}$

Theo đề bài $A_2 \equiv A \Rightarrow d_2' = 2R - x$

hay $d_2' = \frac{5R^2x+2R^3}{8Rx+3R^2} = 2R - x$

$\Leftrightarrow\ 5R^2x + 2R^3 = 16R^2x + 6R^3 - 8Rx^2 - 3R^2x$

$\Leftrightarrow\ 8R^2x + 4R^3 - 8Rx^2 = 0$

$\Leftrightarrow\ 2Rx^2 - 2R^2x - R^3 = 0$

Nghiệm phương trình: $x = \frac{1+\sqrt{3}}{2}R$.

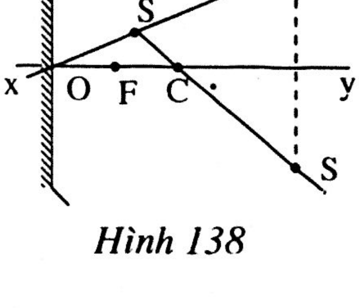
**10.** Xem hình 138.

+Nối SS′ cắt xy tại C thì C là tâm gương.

+Lấy M đối xứng với S′ qua xy.

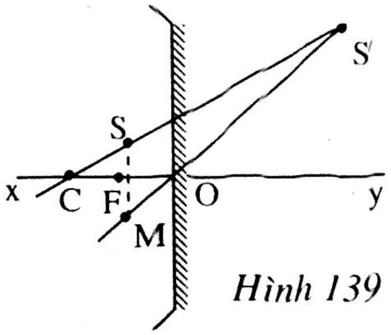
Nối SM cắt xy tại O thì O là đỉnh gương.

+Lấy tiêu điểm F là trung điểm của OC.



*Hình 138*

**11.** Xem hình 139.



*Hình 139*

+ Nối SS' cắt xy tại C thì C là tâm gương.

+ Lấy M đối xứng với S qua xy.

Nối S'M cắt xy tại O thì O là đỉnh gương.

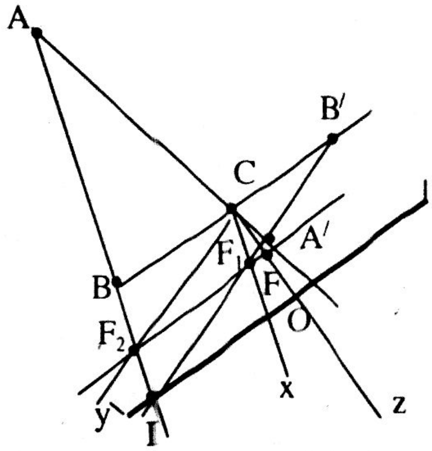
+ Lấy tiêu điểm F là trung điểm của OC.

**12.** Cách vẽ xem hình 140.

Nối AA' và BB' cắt nhau tại C thì C là tâm gương.

Nối AB và A'B' cắt nhau tại I thì I là một điểm trên mặt gương.

Tia AB là tia bất kì nên tia phản xạ phải đi qua tiêu điểm phụ $F_1$ ứng với trục phụ song song với AB. Từ C vẽ Cx // AB cắt A/B/ tại $I_1$. Khi đó $I_1$ là tiêu điểm phụ thứ nhất.



*Hình 140*

Theo nguyên lí thuận nghịch về đường truyền tia sáng: nếu A'B' là tia tới thì AB là tia phản xạ, tia này đi qua tiêu điểm phụ $F_2$ ứng với trục phụ song song với A'B'. Từ C vẽ Cy // A/B/ cắt A/B/ tại $I_2$. Khi đó $I_2$ là tiêu điểm phụ thứ hai.

Nối $F_1$ và $F_2$. Vẽ Cz vuông góc với $F_1F_2$ cắt $F_1F_2$ tại F thì F là tiêu điểm chính của gương.

Đỉnh gương O nằm trên Cz và cách C một khoảng CO = 2CF.

# § 43-44. HIỆN TƯỢNG KHÚC XẠ ÁNH SÁNG. HIỆN TƯỢNG PHẢN XẠ TOÀN PHẦN

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Hiện tượng khúc xạ ánh sáng

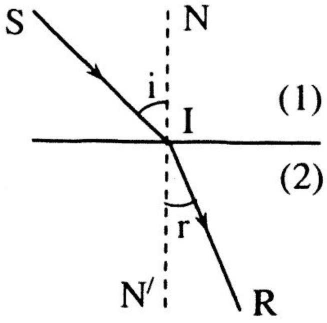
Khúc xạ là hiện tượng chùm tia sáng bị đổi phương đột ngột khi đi qua mặt phân cách hai môi trường trường ánh sáng.

***a) Định luật khúc xạ ánh sáng***

- Tia khúc xạ nằm trong mặt phẳng tới.

- Tia tới và tia khúc xạ nằm ở hai bên pháp tuyến tại điểm tới. (hình 141)

- Tỉ số giữa sin của góc tới và sin của góc khúc xạ là một hằng số: $\frac{\sin i}{\sin r} = n$.



*Hình 141*

Hằng số n gọi là chiết xuất tỉ đối của môi trường khúc xạ (môi trường (2) chứa tia khúc xạ) đối với môi trường tới (môi trường (1) chứa tia tới). Ta có thể viết công thức trên dưới dạng: $\sin i = n\sin r$.

* Nếu $n > 1$: môi trường khúc xạ chiết quang hơn môi trường tới.

* Nếu $n < 1$: môi trường khúc xạ chiết quang kém môi trường tới.

***b) Chiết suất của môi trường***

***Chiết suất tỉ đối***

Trong biểu thức của định luật khúc xạ, n là chiết suất tỉ đối của môi trường 2 đối với môi trường 1, chiết suất tỉ đối này bằng tỉ số giữa các vận tốc $v_1$ và $v_2$ của ánh sáng khi đi trong môi trường 1 và trong môi trường 2:

$$n \equiv n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$$

***Chiết suất tuyệt đối***

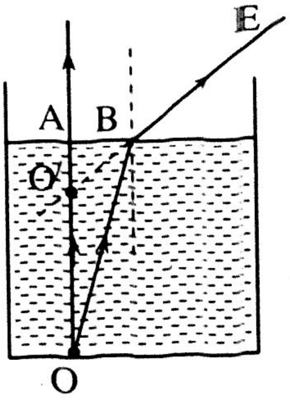
Chiết suất tuyệt đối của môi trường là chiết suất tỉ đối của môi trường đó với chân không: $n_1 = \frac{c}{v_1} > 1$.

Chú ý: $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$

***c) Ảnh của một vật được tạo bởi sự khúc xạ của ánh sáng qua mặt lưỡng chất***

Xét điểm O nằm dưới đáy một cốc nước.

Ta chú ý hai tia tới OA, OB: OA vuông góc với mặt nước, đồng thời B rất gần A. Nếu kéo dài các tia của chùm khúc xạ thì các đường kéo dài gặp nhau tại O/ (hình 142). O/ là ảnh ảo của O.



Hình 142

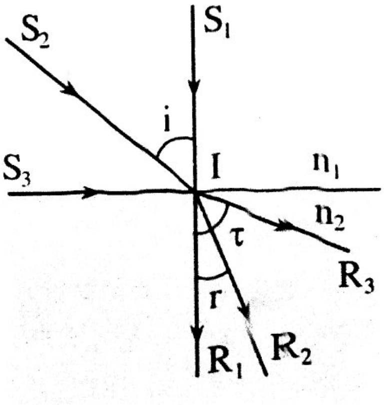
### d) Nguyên lý thuận nghịch trong sự truyền ánh sáng

Nếu ánh sáng truyền từ S tới R theo một đường nào đó thì khi truyền ngược lại từ R đến S nó có thể truyền đúng theo đường cũ.

## 2. Hiện tượng phản xạ toàn phần

### a) Góc khúc xạ giới hạn

Xét một tia sáng đi từ môi trường có chiết suất $n_1$ sang môi trường khác có chiết suất $n_2$ (hình 143).



Hình 143

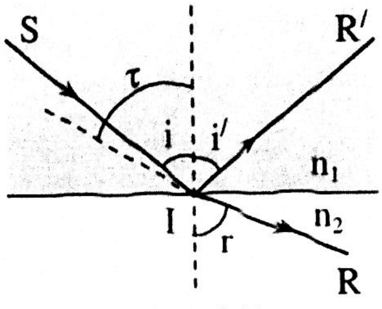
Góc khúc xạ giới hạn τ tính bởi:

$$\sin\tau = \frac{n_1}{n_2}.$$

* Khi ánh sáng đi từ môi trường có chiết suất nhỏ sang môi trường có chiết suất lớn hơn, ta luôn luôn có tia khúc xạ trong môi trường thứ hai.

### b) Sự phản xạ toàn phần

Xét tia sáng đi từ môi trường có chiết suất $n_1$ sang môi trường có chiết suất $n_2$ nhỏ hơn.



Hình 144

Trong trường hợp này, ta có : r > i (góc khúc xạ lớn hơn góc tới).

Góc giới hạn τ tính bởi: $\sin\tau = \frac{n_2}{n_1}$.

Nếu góc tới i nhỏ hơn τ, tia sáng tới mặt lưỡng chất có một phần bị phản xạ, phần kia bị khúc xạ đi vào môi trường thứ hai..

Nếu góc tới i lớn hơn τ, toàn bộ ánh sáng sẽ bị phản xạ, không có tia khúc xạ vào môi trường thứ hai.(hình 144).

Hiện tượng này gọi là hiện tượng phản xạ toàn phần.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Cầm một vỏ bút bi cũ (bằng nhựa) trong suốt nhúng xuống nước, ta thấy phần ướt thêm trong suốt, trái ngược với phần khô có nhiều vết mờ. Vì sao lại như vậy. Hãy giải thích?

2. Khi pha nước đường trong cốc ta thấy giữa khối nước có những vân trong suốt. Giải thích hiện tượng ?

3. Vào những đêm hè trời quang đãng, không trăng, nhìn lên bầu trời đầy sao ta có cảm giác các vì sao lấp lánh, lung linh một cách kì ảo. Phải chăng các vì sao lấp lánh ấy là do cường độ sáng không đồng đều? Hãy giải thích.

4. Vào những ngày mùa hè nóng nực và ít gió, đi trên xe ô tô nhìn tới phía trước ở đằng xa ta thường thấy mặt đường loang loáng như có nước. Tại sao lại có hiện tượng như vậy (Gọi là ảo tượng)? Hãy giải thích.

5. Dựa vào hiện tượng phản xạ toàn phần, người ta đã chế tạo ra một loại đèn trang trí để bàn rất đẹp. Đèn gồm một cái hộp tròn bằng nhựa, phía trên có một lỗ nhỏ dùng để cắm vào đó rất nhiều sợi nhỏ trong như sợi cước, phía trong hộp có một bóng đèn điện nhỏ. Vào ban đêm, khi bật đèn ta thấy ở đầu những sợi nhỏ sáng hẳn lên trông rất đẹp, nhưng toàn thân của những sợi nhỏ lại không có ánh sáng lọt ra. Hãy giải thích xem, người ta đã làm cái đèn đó như thế nào?

6. Chiếu một tia sáng vào một tấm thủy tinh có chiết suất n, chiều dày d và có hai mặt song song với nhau với góc tới là i.

   a) Chứng minh rằng khi ló ra khỏi bản thủy tinh thì tia ló song song với tia tới.

   b) Tìm biểu thức tính khoảng cách giữa tia tới và tia ló.

7. Một tấm thủy tinh mỏng trong suốt, chiết suất $n = 1,5$, có tiết diện là hình chữ nhật ABCD (AB rất lớn so với AD), mặt đáy AB tiếp xúc với một chất lỏng có chiết suất $n_0 = \sqrt{2}$. Chiếu một tia sáng đơn sắc SI nằm trong mặt phẳng ABCD tới mặt AD sao cho tia tới nằm phía trên pháp tuyến ở điểm tới và tia khúc xạ trong thủy tinh gặp đáy AB ở điểm K. Tính giá trị lớn nhất của góc tới i để có phản xạ toàn phần tại K.

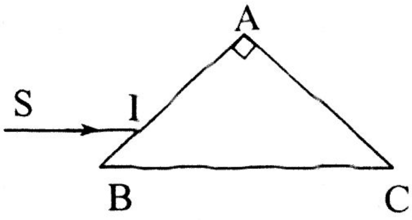
8. Một người quan sát một hòn sỏi coi như một điểm sáng A, ở dưới đáy một bể nước độ sâu h, theo phương vuông góc với mặt nước. Người ấy thấy hình như hòn sỏi được nâng lên gần mặt nước, theo phương thẳng đứng, đến điểm $A'$. Chiết suất của nước là n.

   a) Hãy thiết lập công thức tính khoảng cách $AA'$.

   b) Biết khoảng cách từ ảnh $A'$ đến mặt nước là 40 cm. Tính chiều sâu của bể nước. Cho chiết suất của nước là $\frac{4}{3}$.

9. Một khối chất trong suốt hình lăng trụ có đáy là tam giác vuông cân (lăng kính), vuông ở A, chiết suất n = 1,5.

Chiếu một tia tới SI vào mặt AB, nằm trong một tiết diện thẳng, theo phương song song với đáy BC. Điểm I ở gần điểm B như hình 145. Hãy vẽ tiếp đường đi của tia sáng.



*Hình 145*

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Các vết mờ trên vỏ bút bi cũ là những chỗ bề mặt không nhẵn, khi một tia chiếu vào sẽ tạo thành vô số các tia phản xạ theo hướng khác nhau. Có hai trường hợp xảy ra:

- Khi nhúng vỏ bút bi vào một chất lỏng có chiết suất đúng bằng chiết suất chất nhựa, ta không trông thấy vỏ bút bi nữa vì chất lỏng cùng với vỏ bút bi tạo thành một môi trường đồng chất về mặt quang học và không có hiện tượng phản xạ nói trên.

- Khi nhúng vỏ bút bi vào nước, ta vẫn còn trông thấy vỏ bút bi vì chiết suất chất nhựa vỏ bút bi không bằng chiết suất của nước, tuy vậy hai môi trường có chiết suất gần nhau và ánh sáng ít bị phản xạ ở mặt phân cách hai môi trường . Vì thế ta thấy vỏ bút bi trong nước trong suốt hơn trong không khí.

2. Nước đường có chiết suất lớn hơn so với nước tinh khiết, ánh sáng truyền trong nước tinh khiết khi gặp nước đường thì khúc xạ và phản xạ, làm cho ta thấy được mặt phân cách giữa nước đường và nước tinh khiết.

Khi nước đường chưa tan xong, trong cốc có những vân dung dịch đặc ở trong môi trường dung dịch loãng. Sau khi hai dung dịch đã hỗn hợp thành một dung dịch đồng chất, ta không trông thấy những vân nước đường nữa .

3. Nguyên nhân chính là do các tia sáng từ các vì sao tới mắt ta phải đi qua lớp khí quyển của trái đất. Ban ngày, trái đất bị mặt trời nung nóng, nên trong khí quyển luôn có những dòng khí đối lưu nhỏ, chúng có chiết suất khác nhau. Tia sáng khi đi qua những dòng khí ấy bị khúc xạ, lúc lệch sang bên này, lúc lệch sang bên kia. Kết quả là gây cho ta một cảm giác vị trí của vì sao luôn thay đổi (dao động) và số tia sáng rọi vào mắt cũng không đều. Chính điều này đã gây cho ta cảm giác về sự lung linh của các vì sao.

4. Mặt đường trong những ngày nắng bị mặt trời nung nóng, lớp không khí tiếp xúc với mặt đường cũng bị nung nóng mạnh và có chiết suất nhỏ hơn các lớp không khí ở phía trên. Như vậy, không khí được chia thành nhiều lớp: càng lên cao các lớp không khí có chiết suất càng tăng. Một số tia sáng từ những vật ở đằng xa (như cây cối chẳng hạn) truyền xuống, từ lớp không khí có chiết suất lớn sang các lớp không khí có chiết suất ngày càng nhỏ

hơn nên càng ngày càng lệch xa pháp tuyến và cuối cùng sẽ bị phản xạ toàn phần, tựa như phản xạ trên mặt nước vậy. Kết quả cuối cùng, khi truyền đến mắt, nó gây cho ta một cảm giác như ở đằng trước có nước.

5. Vấn đề chính là người ta đã tính toán và chế tạo các sợi nhỏ (mà ta nhìn giống như sợi cước ấy) từ một chất trong suốt, có chiết suất thích hợp sao cho hiện tượng phản xạ toàn phần có thể xảy ra bên trong sợi. Khi ấy, ánh sáng đèn bên trong sẽ đi vào một đầu sợi, sau khi phản xạ toàn phần liên tục trên thành sợi và đi ra ở đầu bên kia. Nhờ đó mà ta thấy ở đầu các sợi sáng lên rất đẹp.

6. a) Chứng minh rằng khi ló ra khỏi bản thủy tinh thì tia ló song song với tia tới. (hình 146)

Theo định luật khúc xạ ánh sáng :

Tại I: $\sin i = n\sin r$.

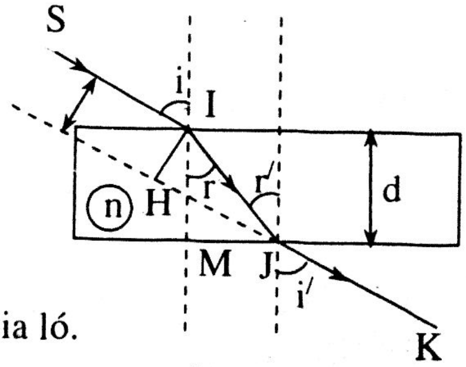
Tại J : $\sin i' = n\sin r'$.

Vì $r' = r$ (sole trong) nên $i' = i$.

Vậy tia tới SI song song với tia ló JR.

b) Biểu thức tính khoảng cách giữa tia tới và tia ló.

Xét tam giác vuông HIJ: $IH = IJ\sin(i - r')$.



*Hình 146*

Mặt khác, trong tam giác vuông IMJ: $IJ = \dfrac{JM}{\cos r} = \dfrac{d}{\cos r}$

Cuối cùng thu được: $IH = \dfrac{d.\sin(i - r')}{\cos r}$

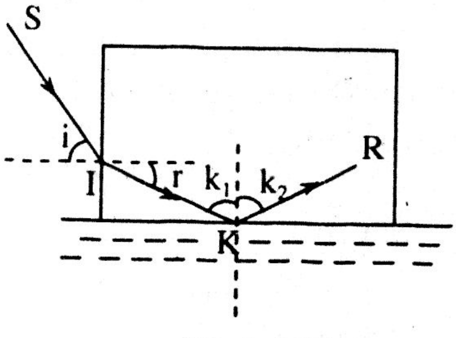
7. Từ hình 147 ta thấy:

$k_1 = \dfrac{\pi}{2} - r \ge i_{gh} \Rightarrow r \le \dfrac{\pi}{2} - i_{gh}$

$\sin r \le \sin(\dfrac{\pi}{2} - i_{gh}) \le \cos i_{gh}$

Chú ý: $\sin i = 1,5 \sin r$

Nên $\dfrac{\sin i}{1,5} \le \cos i_{gh}$ do $\sin i_{gh} = \dfrac{\sqrt{2}}{1,5}$.



*Hình 147*

Nên $\cos i_{gh} = \sqrt{1 - \left(\dfrac{\sqrt{2}}{1,5}\right)^2} = \dfrac{1}{3} \Rightarrow \sin i \le \dfrac{1,5}{3} \Rightarrow i \le \dfrac{\pi}{6}$.

8. a) Đường đi của hai tia sáng biểu diễn như hình 148.

Tia AH đi theo phương thẳng đứng.

Tia AI đến gặp mặt phân cách dưới góc tới i nhỏ cho tia ló IK.

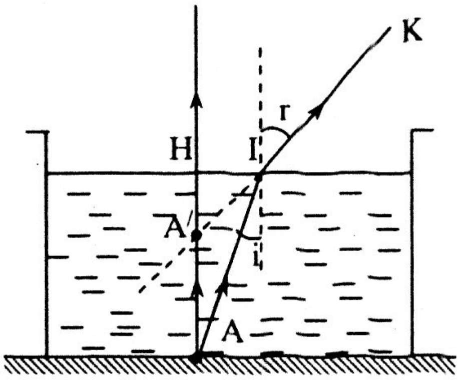
Đường kéo dài của hai tia ló cắt nhau ở A'.

Ta có $AA' = AH - A'H$

Mặt khác $A'H = HI.\text{tgr}$ và $HI = \frac{AH}{\text{tgi}}$

hay $A'H = AH\frac{\text{tgr}}{\text{tgi}}$.

Do đó $AA' = AH(1 - \frac{\text{tgr}}{\text{tgi}})$



*Hình 148*

Người quan sát nhìn theo phương vuông góc với mặt phân cách phải nên góc tới rất nhỏ (do đó góc khúc xạ r cũng rất nhỏ). Có thể thấy tgr ≈ sinr và tgi ≈ sini : $\frac{\text{tgr}}{\text{tgi}} = \frac{\sin r}{\sin i} = \frac{1}{n} \Rightarrow AA' = h\left(1 - \frac{1}{n}\right)$

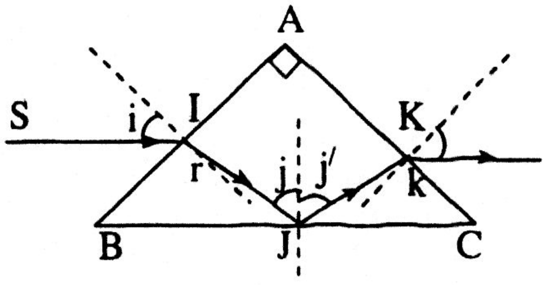
b) Nếu A'H = 40 cm, ta có: $A'H = AH - AA' = h - h\left(1 - \frac{1}{n}\right) = \frac{h}{n}$

$$\Rightarrow \quad h = n.A'H = \frac{4}{3}40 = 50{,}33\text{cm}$$

**9.** Đường đi của tia sáng qua lăng kính như hình 149.

Ta có: $\sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2.1{,}5} = \frac{\sqrt{2}}{3}$.

Tia khúc xạ gặp đáy BC ở J dưới góc tới j. Từ hình vẽ: $j = r + 45^0$



*Hình 149*

$$\sin j = \sin r.\cos 45^0 + \sin 45^0.\cos r = \frac{2+\sqrt{10}}{6}$$

$$\sin j = 0{,}860; \ \sin i_{gh} = \frac{1}{n} = \frac{1}{1{,}5} = \frac{2}{3} = 0{,}667$$

Vậy $j > i_{gh}$. Tia IJ bị phản xạ toàn phần tại J.

Tia phản xạ gặp mặt AC tại K. Tam giác JKC đồng dạng với tam giác JIB. Do đó góc tới của tia JK tại K bằng r. Theo nguyên lí về tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng, góc ló ở K phải bằng i nên tia ló KR song song với tia tới SI.

# Chương 7. CÁC DỤNG CỤ QUANG HỌC

## § 45. LĂNG KÍNH

### A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

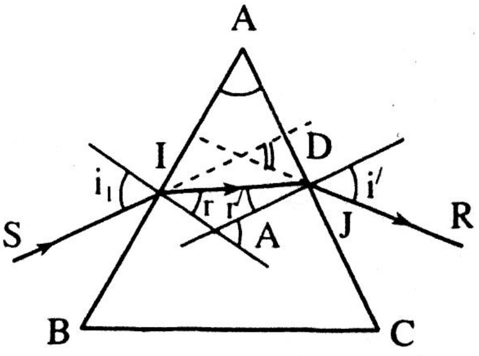
### 1. Cấu tạo lăng kính

Lăng kính là một khối trong suốt, đồng nhất, được giới hạn bởi hai mặt phẳng không song song. Hai mặt phẳng giới hạn trên được gọi là các mặt bên của lăng kính. Giao tuyến của hai mặt bên được gọi là cạnh của lăng kính. Đối diện với cạnh là đáy của lăng kính. Một mặt phẳng bất kì vuông góc với cạnh được gọi là mặt phẳng tiết diện chính.

Trong thực tế lăng kính là một khối lăng trụ có tiết diện là một tam giác. Góc A làm bởi hai mặt lăng kính được gọi là góc chiết quang hay góc ở đỉnh của lăng kính.

### 2. Đường đi của tia sáng qua lăng kính

Xét một lăng kính có chiết suất n đặt trong không khí. Ta chỉ xét các tia sáng nằm trong mặt phẳng tiết diện chính của lăng kính và là ánh sáng đơn sắc, nghĩa là ánh sáng có một màu nhất định. Chiếu tới mặt bên AB của lăng kính một tia sáng SI (hình 150). Tia sáng này bị khúc xạ tại I và J khi qua các mặt bên, và ló ra theo tia JR.



*Hình 150*

### 3. Các công thức lăng kính

Gọi r là góc khúc xạ tại I và r' là góc tới tại J; A là góc chiết quang; D là góc lệch giữa tia tới và tia ló.

Ta có các công thức sau: $\sin i = n \sin r$; $n \sin r' = \sin i'$

$$r + r' = A;\quad D = i + i' - A$$

### 4. Biến thiên của góc lệch theo góc tới

Khi góc tới thay đổi thì góc lệch cũng thay đổi và qua một giá trị cực tiểu (gọi là góc lệch cực tiểu), ký hiệu là $D_m$.

Khi đó: $i' = i = i_m$ ; $r' = r = \frac{1}{2}A$ ; $D_m = 2i - A$ hay $i = \frac{D_m + A}{2}$

Suy ra: $\sin\frac{D_m + A}{2} = n \sin\frac{A}{2}$.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một lăng kính có góc chiết quang $A = 60^0$, chiết suất $n = \sqrt{2}$. Chiếu một tia tới, nằm trong một tiết diện thẳng, vào một mặt bên dưới góc tới $i_1 = 45^0$. Tìm các góc $r_1$; $r_2$; $i_2$ và tính góc lệch D của tia ló so với tia tới. Nhận xét gì về góc lệch trong trường hợp này?

2. Một lăng kính thủy tinh có góc chiết quang A rất nhỏ và có chiết suất n. Chiếu một tia sáng, nằm trong một tiết diện thẳng, vào một mặt bên của lăng kính. Tính góc lệch D của tia ló so với tia tới trong hai trường hợp:

   a) Tia tới vuông góc với một mặt bên.

   b) Tia tới vuông góc với mặt phẳng phân giác của góc chiết quang.

3. Một lăng kính có chiết suất $n = 1,5$; tiết diện chính là một tam giác đều, được đặt trong không khí. Vẽ đường đi tia sáng và tính góc mà tia ló hợp với tia tới trong trường hợp tia tới vuông góc với mặt bên của lăng kính.

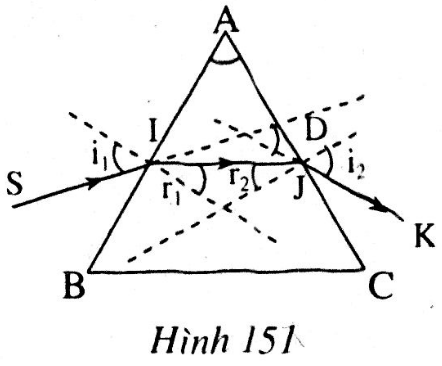
4. Một lăng kính có góc chiết quang A, chiết suất $n = 1,732$. Chiếu một tia tới, nằm trong một tiết diện thẳng, vào một mặt bên, sao cho góc lệch của tia ló so với tia tới là cực tiểu và bằng A. Tính góc tới và góc lệch.

5. Một lăng kính có góc chiết quang A và chiết suất $n = \sqrt{2}$. Chiếu một tia tới, nằm trong một tiết diện thẳng, vào một mặt bên dưới góc tới $i_1$. Tìm điều kiện của góc chiết quang A và góc tới $i_1$ để có tia ló ra khỏi lăng kính.

6. Chiếu một tia sáng đơn sắc tới mặt bên AB của một lăng kính có tiết diện là tam giác đều ABC, theo phương song song với đáy BC thấy tia ló khỏi lăng kính có phương trùng với mặt bên AC. Tính chiết suất của lăng kính.

7. Khảo sát đường đi tia sáng qua lăng kính, biết lăng kính đặt trong không khí có góc ở đỉnh $A = 75^0$, góc $C = 60^0$, chiết suất $n = 1,5$ ; góc tới của tia sáng là $i = 30^0$. Tia tới đến mặt AB của lăng kính.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ



*Hình 151*

1. Tại I (hình 151): $\sin i_1 = n\sin r_1 \Rightarrow \sin r_1 = \dfrac{\sin i_1}{n}$

$$\Rightarrow \sin r_1 = \frac{1}{2} \Rightarrow r_1 = 30^0.$$

Từ $r_1 + r_2 = A \Rightarrow r_2 = A - r_1 = 30^0$.

Tại J: $\sin i_2 = n\sin r_2 = \sqrt{2}.\dfrac{1}{2} = \dfrac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow i_2 = 45^0$

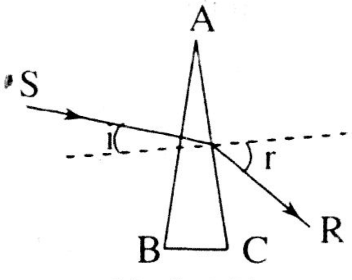
Góc lệch $D = i_1 + i_2 - A = 45^0 + 45^0 - 60^0 = 30^0$.

Vì $i_1 = i_2$ nên trong trường hợp này, góc lệch đạt giá trị cực tiểu.

**2.** a) Tia SI vuông góc với mặt AB. Tia IJ gặp mặt bên AC dưới góc tới i = A. (xem hình 152); Góc ló là r: sinr = nsini = nsinA vì i nhỏ nên r cũng nhỏ:

$$\sin i \approx i, \sin A \approx A \text{ do đó: } r \approx nA.$$

Góc lệch D của tia ló là: $D = r - i = A(n - 1)$



*Hình 152*

b) Tia tới đến gặp mặt AB dưới góc tới $i_1 = \frac{A}{2}$ (xem hình 153) góc khúc xạ:

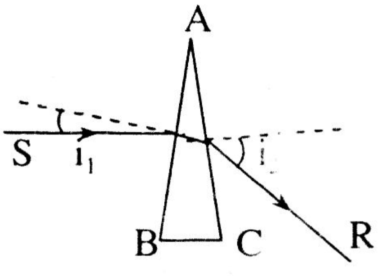
$\sin r_1 = \frac{\sin i_1}{n}$. Vì $r_1$ và $i_1$ nhỏ nên $r_1 = \frac{i_1}{n} = \frac{A}{2n}$.

Góc tới của tia sáng ở mặt AC là:

$$r_2 = A - r_1 = A - \frac{A}{2n} = A\frac{2n-1}{2n}.$$

Góc ló của tia sáng ở mặt AC là $i_2$: $\sin i_2 = n\sin r_2$

Vì $i_2$ và $r_2$ nhỏ nên $i_2 = nr_2 = A\frac{2n-1}{2}$.



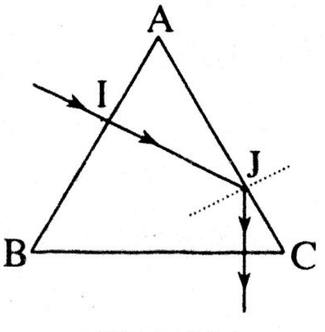
*Hình 153*

Góc lệch: $D = i_1 + i_2 - A = \frac{A}{2} + A\frac{2n-1}{2} - A = A(n-1)$.

**3.** Vì tia tới vuông góc với mặt bên nên tại I tia sáng truyền thẳng đến gặp mặt bên thứ hai tại J với góc tới $r = 60^o$.

Góc giới hạn phản xạ toàn phần: $\sin\tau = \frac{1}{n} = \frac{2}{3} \Rightarrow \tau = 41^0 48'$.

Vì $\tau < r$ nên tại J có phản xạ toàn phần như hình 2. Vậy, tia sáng bị phản xạ toàn phần tại mặt bên thứ hai, ló ra ở đáy lăng kính với góc lệch: $D' = 60^0$. (hình 154)



*Hình 154*

**4.** Điều kiện để có góc lệch cực tiểu:

$i_1 = i_2$ và $D_{min} = 2i_1 - A = A$

Suy ra : $i_1 = A$ và $\sin i_1 = \sin A$.

Tại I: $\sin i_1 = n\sin r_1 = n\sin\frac{A}{2} \Leftrightarrow \sin A = \sqrt{3}\sin\frac{A}{2}$

$$\Rightarrow 2\sin\frac{A}{2}\cos\frac{A}{2} = \sqrt{3}\sin\frac{A}{2} \Rightarrow \cos\frac{A}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \frac{A}{2} = 30^0 \text{ và } A = 60^0.$$

**5.** * Điều kiện của A (xem hình 155). Nhận xét: $i_1 \le 90^0$ nên $r_1 \le i_{gh}$.

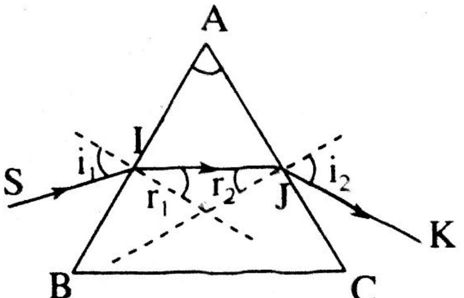
Để có tia ló thì không được có hiện tượng phản xạ toàn phần tại J, nghĩa là $r_2 \le i_{gh}$. Cuối cùng: $r_1 + r_2 \le 2i_{gh}$ hay $A \le 2i_{gh}$

* Điều kiện của $i_1$:

Theo phân tích trên, Để có tia ló thì không được có hiện tượng phản xạ toàn phần tại J. Nghĩa là:

$r_2 \le i_{gh} \Rightarrow A - r_1 \le i_{gh} \Leftrightarrow r_1 \ge A - i_{gh}$.

Ta có: $\sin r_1 = \dfrac{\sin i_1}{n} \ge \sin(A - i_{gh})$



*Hình 155*

$\Rightarrow \sin i_1 \ge n.\sin(A - i_{gh}) \Rightarrow i_1 \ge \arcsin[n.\sin(A - i_{gh})]$.

Vậy để có tia ló thì : $A \le 2i_{gh}$ và $i_1 \ge \arcsin[n.\sin(A - i_{gh})]$.

**6.** Đường đi tia sáng như hình 156.

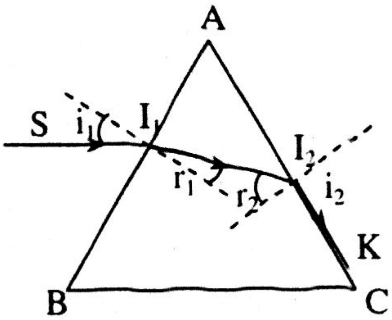
Theo định luật khúc xạ : tại $I_2$: $\sin i_2 = n.\sin r_2 \Rightarrow \sin r_2 = \dfrac{1}{n}$.

Do $r_2 = \widehat{A} - r_1 = 60^0 - r_1$ nên: $\sin r_2 = \sin(60^0 - r_1)$

$\sin r_2 = \sin 60^0 \cos r_1 - \sin r_1 \cos 60^0$

Tại $I_1$: $\sin r_1 = n.\sin r_1 \Leftrightarrow \sin r_1 = \dfrac{1}{n}\sin i_1 = \dfrac{1}{2n}$

Chú ý: $\cos r_1 = \sqrt{1 - \sin^2 r_1} = \dfrac{\sqrt{4n^2 - 1}}{2n}$



*Hình 156*

$$\frac{1}{n} = \frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\sqrt{4n^2 - 1}}{2n} - \frac{1}{2}\frac{1}{2n} \Rightarrow 4 = \sqrt{3(4n^2 - 1)} - 1 \Rightarrow n = \sqrt{\frac{7}{3}} \approx 1{,}53.$$

**7.** b) Tại I, ta có sini = nsinr

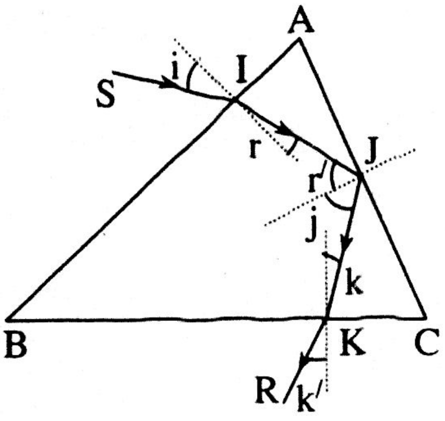
$\Rightarrow \sin r = \dfrac{\sin i}{n} = 0{,}333 \Rightarrow r = 19^0 30'$.

Suy ra $r' = A - r = 75 - 19^0 30' = 55^0 30'$.

Vì $r' = 55^0 30' > \tau = 41^0 48'$ nên tia sáng phản xạ toàn phần tại J như hình 157) tới mặt BC tại K với góc tới: $k = 60^0 - 55^0 30' = 4^0 30'$.

Tại K: $\sin k' = n\sin k = 0{,}1177$

$\Rightarrow k' = 6^0 45'$.



*Hình 157*

# § 46-47. THẤU KÍNH MỎNG

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Khái niệm về thấu kính

Thấu kính là một khối trong suốt, được giới hạn bởi hai mặt cầu hoặc một mặt phẳng và một mặt cầu.

Có hai loại thấu kính và ta chỉ xét các thấu kính mỏng, nghĩa là các thấu kính có bề dày ở tâm rất nhỏ.

- Thấu kính mép mỏng được gọi là thấu kính hội tụ.

- Thấu kính mép dày được gọi là thấu kính phân kì.

- Mỗi thấu kính đều có quang tâm O và các tiêu điểm F, $F'$ nằm trên trục chính và đối xứng nhau qua quang tâm.

- Tiêu cự là độ dài đại số, được kí hiệu là f, có trị số tuyệt đối bằng khoảng cách từ các tiêu điểm đến quang tâm thấu kính: $|f| = OF = OF'$.

Quy ước: $f > 0$ với thấu kính hội tụ.

$f < 0$ với thấu kính phân kì.

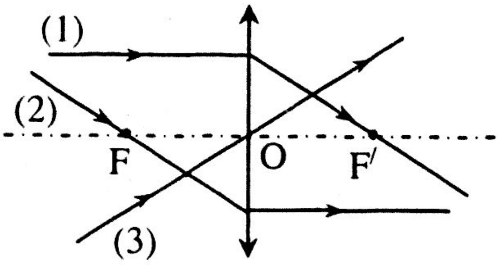
### 2. Đường đi của tia sáng qua thấu kính

***a) Các tia đặc biệt*** (hình 158 và 159)

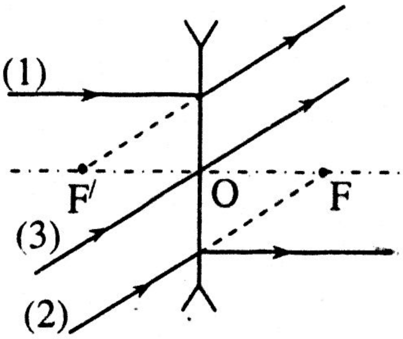
- Tia (1) tới song song với trục chính, tia ló tương ứng (hoặc đường kéo dài) đi qua tiêu điểm ảnh $F'$.

- Tia tới (2) (hoặc đường kéo dài) qua tiêu điểm vật chính F, tia ló tương ứng song song với vật chính.

- Tia tới (3) qua quang tâm O thì đi thẳng.



*Hình 158*



*Hình 159*

***b) Cách vẽ tia ló ứng với một tia tới bất kì***

Xét một tia tới bất kì SI, có thể vẽ tia ló tương ứng theo các cách sau:

***Cách 1:***

- Vẽ trục phụ song song với tia tới SI.

- Vẽ tiêu diện ảnh, cắt trục phụ tại một tiêu điểm phụ là $F_1'$.

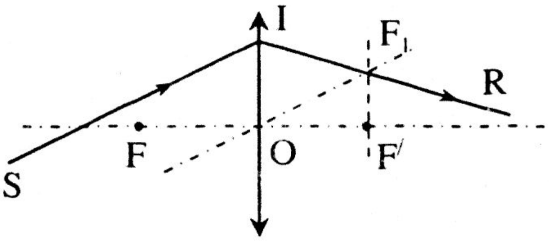
- Từ I ta vẽ tia ló qua $F_1$. (hình 160)

***Cách 2 :***

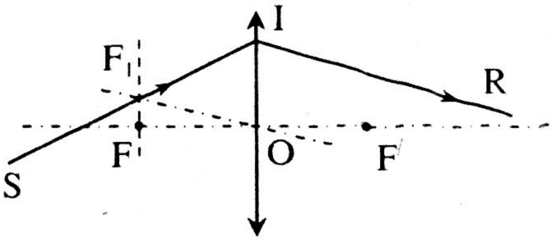
- Vẽ tiêu diện vật, cắt tia tới SI tại một tiêu điểm vật phụ là $F_1$.

- Vẽ trục phụ đi qua $F_1$.

- Vẽ tia ló song song với trục phụ trên. (hình 161)



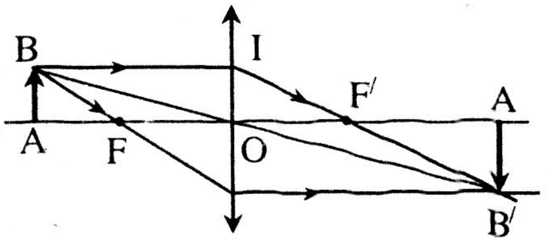
*Hình 160*



*Hình 161*

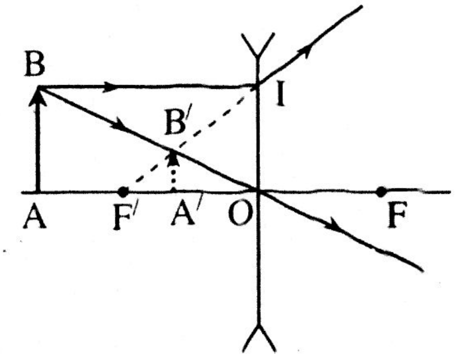
## 3. Xác định ảnh bằng cách vẽ đường đi của tia sáng

* Xét một vật nhỏ, phẳng AB được đặt vuông góc với trục chính. Giả sử A ở trên trục chính. Trước hết, xác định ảnh $B'$, từ B vẽ đường đi tia sáng của hai trong các tia đặc biệt. Ảnh $B'$ là giao điểm của các tia ló (hình 162).



*Hình 162*

Trên hình 163 là cách vẽ ảnh của vật qua thấu kính phân kì.



*Hình 163*

## 4. Độ tụ

Độ tụ được định nghĩa là: $D = \frac{1}{f}$.

Đơn vị của độ tụ là đi ốp (tiêu cự f tính ra mét).

Với thấu kính hội tụ: $D > 0$;

Với thấu kính phân kì: $D < 0$.

Công thức tính độ tụ của thấu kính: $D = \frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

Trong đó, n là chiết suất tỉ đối của vật liệu làm thấu kính đối với môi trường xung quanh thấu kính. $R_1$, $R_2$ là bán kính của các mặt thấu kính: $R_1$, $R_2 > 0$ với các mặt lồi. $R_1$, $R_2 < 0$ với các mặt lõm.

$R_1$ (hay $R_2$) $= \infty$ với mặt phẳng.

## 5. Công thức thấu kính

Công thức: $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$.

Quy ước: $d > 0$ vật thật, $d < 0$ vật ảo; $d' > 0$ ảnh thật, $d' < 0$ ảnh ảo.

$f > 0$ thấu kính hội tụ ; $f < 0$ thấu kính phân kì.

Độ phóng đại: $k = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ hay $k = -\dfrac{d'}{d}$

Nếu ảnh và vật cùng chiều, $k > 0$.

Nếu ảnh và vật ngược chiều, $k < 0$.

Các công thức trên áp dụng cho cả thấu kính hội tụ và phân kì.

### 6. Quang sai

*a) Cầu sai*

Hiện tượng cầu sai xảy ra là do chùm tia tới thấu kính không thoả mãn điều kiện tương điểm.

***b) Sự biến dạng của ảnh***

Sự biến dạng của ảnh là hiện tượng quang sai do độ phóng đại của thấu kính không đều nhau đối với các tia sáng đi gần trục hay xa trục của thấu kính. Nếu càng ra xa trục, độ phóng đại càng tăng, nếu ra xa trục, độ phóng đại càng giảm.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

**1.** Một thấu kính bằng thủy tinh, chiết suất n = 1,5 khi đặt trong không khí có độ tụ là +4 điôp. Tính tiêu cự của thấu kính đó khi nhúng nó vào trong nước có chiết suất $n' = \dfrac{4}{3}$ .

**2.** Một vật sáng AB = 2cm nằm vuông góc với trục chính và cách thấu kính hội tụ một khoảng 40cm. Thấu kính có tiêu cự 30 cm. Xác định vị trí, tính chất và chiều cao của ảnh $A'B'$ của AB.

**3.** Một vật phẳng AB cao 6cm đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính phân kỳ, ảnh của vật qua thấu kính cao 3cm và cách vật 40cm. Tính tiêu cự của thấu kính phân kỳ.

**4.** Đặt một vật phẳng AB vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ, cách thấu kính một khoảng 30cm. Nhìn qua thấu kính ta thấy có một ảnh cùng chiều với AB cao gấp 2 lần AB. Xác định tiêu cự của thấu kính.

**5.** Đặt một vật phẳng AB song song với một màn ảnh E và cách màn ảnh một khoảng L = 120 cm. Sau đó đặt xen giữa vật và màn ảnh một thấu kính hội tụ, sao cho trục chính của thấu kính vuông góc với màn ảnh và đi qua vật. Xê dịch thấu kính trong khoảng đó, ta thấy có một vị trí duy nhất của thấu kính tại đó có ảnh của vật AB hiện rõ trên màn. Tính tiêu cự của thấu kính.

**6.** Đặt một vật phẳng AB vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ, cách thấu kính một khoảng 15cm. Ta thu được ảnh của vật AB trên màn ảnh đặt sau thấu kính. Dịch chuyển vật một đoạn 3cm lại gần thấu kính. Ta phải dịch chuyển màn ảnh ra xa thấu kính để thu được ảnh, ảnh sau cao gấp đôi ảnh trước. Tính tiêu cự của thấu kính và độ phóng đại của ảnh đó.

**7.** a) Đặt một vật AB trước thấu kính hội tụ có f = 12 cm cho ảnh $A'B'$ lớn gấp 2 lần AB. Xác định vị trí của AB.

b) Nếu vật AB được đặt trước và cách thấu kính này 20cm, sau thấu kính đặt một gương phẳng có mặt phản xạ hướng về thấu kính và vuông góc với trục chính của thấu kính. Hỏi phải đặt gương cách thấu kính là bao nhiêu để ảnh cuối cùng trùng vào vị trí AB?

**8.** Đặt một vật phẳng nhỏ AB vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ, cách thấu kính 30cm, ta thu được một ảnh của vật trên một màn ảnh đặt sau thấu kính. Dịch chuyển vật lại gần, cách thấu kính 20cm, ta phải dịch chuyển màn ảnh ra xa thấu kính để thu lại được ảnh, ảnh sau cao gấp đôi ảnh trước.

a) Tính tiêu cự của thấu kính.

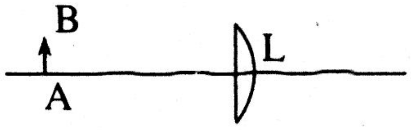
b) Tính độ phóng đại của các ảnh đó.

**9.** Một vật phẳng nhỏ AB đặt trước một thấu kính hội tụ, cho một ảnh thật cách thấu kính 80cm. Nếu thay thấu kính hội tụ bằng một thấu kính phân kỳ có cùng độ lớn tiêu cự và đặt đúng vào chỗ thấu kính hội tụ thì ảnh của AB sẽ nằm cách thấu kính 20 cm.

a) Xác định tiêu cự của các thấu kính trên

b) Vật AB và thấu kính phân kỳ vẫn giữ cố định như trên, sau thấu kính phân kỳ và cách nó một khoảng 180cm đặt một màn ảnh. Dùng thấu kính hội tụ trên đặt xen vào khoảng giữa thấu kính phân kỳ và màn ảnh. Xác định các vị trí đặt thấu kính hội tụ để ảnh của AB hiện rõ nét trên màn.

**10.** Đặt vật AB trước thấu kính hội tụ L có một mặt phẳng, một mặt lồi, tiêu cự f như hình 164 và cách thấu kính một khoảng d = 24 cm, cho ảnh ảo $A_1B_1$ bằng hai lần vật.



*Hình 164*

a) Tính $f_1$ và bán kính cong của thấu kính nếu chiết suất của thấu kính n = 1,5.

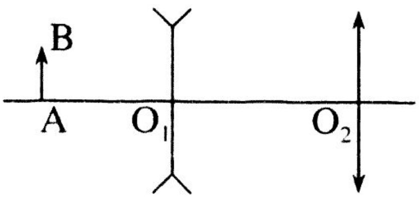
b) Mạ bạc mặt lồi của thấu kính. Xác định vị trí và tính chất ảnh cuối cùng.

**11.** Cho hai thấu kính đồng trục $O_1$, $O_2$ đặt cách nhau 10cm, có tiêu cự lần lượt là $f_1 = 10$ cm và $f_2 = 40$ cm. Khoảng cách giữa hai thấu kính là 10 cm. Trước thấu kính $O_1$ đặt một vật phẳng AB vuông góc với trục chính.

a) Khoảng cách từ vật AB đến thấu kính $O_1$ phải thỏa mãn điều kiện gì để ảnh của AB qua thấu kính là ảnh ảo?

b) Xác định khoảng cách giữa hai thấu kính để độ cao của ảnh qua hệ thấu kính không phụ thuộc vào vị trí đặt vật AB trước thấu kính $O_1$. Tính hệ số phóng đại của hệ thấu kính trong trường hợp này.

**12.** Cho thấu kính phân kì $O_1$ có $f_1 = -18cm$ và thấu kính hội tụ $O_2$ có $f_2 = 24cm$ đặt cùng trục chính. Đặt vật AB trước thấu kính $O_1$ một khoảng $d_1$ như hình 165. Qua hệ hai thấu kính cho ảnh sau cùng là $A'B'$.



*Hình 165*

a) Cho $d_1 = 18cm$, xác định khoảng cách a giữa hai thấu kính để $A'B'$ là ảnh thật.

b) Tìm a để ảnh $A'B'$ có độ lớn không thay đổi khi cho AB di chuyển dọc theo trục chính. Tính độ phóng đại ảnh qua hệ lúc này.

**13.** Một thấu kính hội tụ có tiêu cự $f_1 = 20cm$ và một gương cầu lõm có tiêu cự $f_2 = 4cm$ được đặt sao cho trục chính trùng nhau và cách nhau một khoảng a = 42cm, mặt phản xạ của của gương hướng về phía thấu kính. Vật AB = 1cm đặt thẳng góc với trục chính và cách thấu kính 40cm. Xác định vị trí, tính chất và độ lớn của ảnh của vật tạo bởi hệ trong hai trường hợp:

a) Vật nằm trong khoảng của hệ thấu kính – gương.

b) Vật nằm ngoài khoảng của hệ thấu kính – gương.

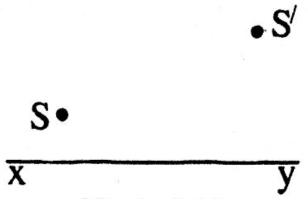
**14.** Cho một hệ hai thấu kính $L_1$ và $L_2$ có cùng trục chính. $L_1$ là thấu kính hội tụ có tiêu cự $f_1 = 12cm$. Thấu kính $L_2$ đặt tại tiêu diện sau của $L_1$. Trên trục chính, trước $L_1$ đặt một điểm sáng S, cách $L_1$ là 8cm.

a) Xác định ảnh $S_1$ của S qua thấu kính $L_1$.

b) Xác định loại thấu kính (hội tụ hay phân kì) và tiêu cự của thấu kính $L_2$ để chùm sáng xuất phát từ S, sau khi đi qua hệ hai thấu kính trở thành chùm sáng gong song với trục chính.

**15.** Đặt một vật phẳng AB song song với một màn ảnh E và cách màn ảnh một khoảng L = 90cm. Sau đó đặt xen giữa vật và màn ảnh một thấu kính hội tụ, sao cho trục chính của thấu kính vuông góc với màn ảnh và đi qua vật. Xê dịch thấu kính trong khoảng đó, ta thấy có hai vị trí của thấu kính tại đó có ảnh của vật AB hiện rõ nét trên màn ảnh. Hai vị trí này cách nhau một khoảng $l$ = 30 cm. Tính tiêu cự của thấu kính.

**16.** Cho xy là trục chính của một thấu kính. S là một điểm sáng, $S'$ là ảnh của S qua thấu kính (hình 166). Bằng phép vẽ, hãy xác định loại thấu kính, vị trí quang tâm và các tiêu điểm của thấu kính.



*Hình 166*

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** Khi thấu kính đặt trong không khí: $D = \frac{1}{f} = (n-1)(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})$ .

Khi thấu kính nhúng trong nước: $D' = \frac{1}{f'} = (\frac{n}{n'} - 1)(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})$

Lập tỉ số: $\frac{D}{D'} = \frac{f'}{f} = \frac{n-1}{\frac{n}{n'} - 1} = 4 \Rightarrow D' = \frac{D}{4} = 1$ điện phân $\Rightarrow$ $f' = 100$ cm.

**2.** Áp dụng công thức: $d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{40.30}{40-30} = 120$ cm.

Từ $k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d} = -\frac{120}{40} = -3 \Rightarrow A'B' = 2.AB = 4$cm.

$A'B'$ là ảnh thật ngược chiều với vật cao 4cm và cách thấu kính 120 cm.

**3.** Đối với thấu kính phân kì, vật thật luôn cho ảnh ảo.

Độ phóng đại: $k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d} = \frac{1}{2} \Rightarrow d' = -\frac{d}{2}$ (1)

Vì khoảng cách giữa vật và ảnh là 40cm nên: $d + d' = 40$ (2)

Từ (1) và (2) $\Rightarrow d = 80$ cm; $d' = -40$ cm $\Rightarrow$ Tiêu cự : $f = \frac{d'.d}{d' + d} = -80$ cm.

**4.** Ta có : $k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d} = 2 \Rightarrow d' = -2d = -60$ cm.

Tiêu cự của thấu kính: $f = \frac{d'.d}{d' + d} = \frac{-60.30}{-60+30} = 60$ cm.

**5.** Gọi d và $d'$ là khoảng cách từ thấu kính đến vật và đến màn ảnh; f là tiêu cự của thấu kính, ta có : $d' + d = L$ hay $d' = L - d$.

Mặt khác, ta lại có: $\frac{1}{d} + \frac{1}{L-d} = \frac{1}{f}$ hay $d^2 - Ld + Lf = 0$.

Vì chỉ có một vị trí duy nhất của thấu kính nên phương trình trên cho một nghiệm kép của d: $\Delta = L^2 - 4Lf = 0 \Rightarrow f = \frac{L}{4} = 30$ cm.

**6.** Lúc đầu, ta có $d_1 = 15$cm: $k_1 = \frac{\overline{A_1'B_1'}}{\overline{AB}} = -\frac{d_1'}{d_1} \Leftrightarrow k_1 = \frac{f}{d_1 - f} = \frac{f}{15-f}$.

Sau khi dịch chuyển vật, ta có $d_2 = d_1 - 3$cm $= 12$cm.

Tương tự: $k_2 = \frac{f}{d_2 - f} = \frac{f}{12-f}$.

Mặt khác ta lại có: $k_2 = 2k_1$

$$\Leftrightarrow \frac{f}{12-f} = 2\frac{f}{15-f} \Rightarrow f = 9\text{cm}.$$

**7.** a) Ảnh $A'B'$ có thể là ảnh thật hoặc ảo.

Độ phóng đại: $k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d} = -\frac{f}{d-f} = \pm 2$

+ Nếu ảnh là ảo : $k = -2$: $\frac{f}{d_1 - f} = -2 \Rightarrow d_1 = \frac{f}{2} = 6\text{cm}.$

+ Nếu ảnh là thật: $k = 2$: $\frac{f}{d_2 - f} = 2 \Rightarrow d_2 = 1{,}5f = 18\text{cm}.$

b) Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{TK} A_1B_1 \xrightarrow{G} A_2B_2 \xrightarrow{TK} A_3B_3$

Khoảng cách từ AB đến thấu kính: $d_1 = 20$ cm.

Khoảng cách từ ảnh $A_1B_1$ đến thấu kính: $d_1' = \frac{d_1.f}{d_1 - f} = \frac{20.12}{20-12} = 30$ cm.

Gọi a là khoảng cách từ thấu kính đến gương.

Khoảng cách từ ảnh $A_1B_1$ đến gương: $d_2 = a - d_1' = a - 30$

Khoảng cách từ ảnh $A_2B_2$ đến gương: $d_2' = -d_2 = 30 - a$

Khoảng cách từ ảnh $A_2B_2$ đến thấu kính: $d_3 = a - d_2' = 2a - 30$

Khoảng cách từ ảnh $A_3B_3$ đến thấu kính:

$$d_3' = \frac{d_3.f}{d_3 - f} = \frac{(2a-30).12}{2a-30-12} = d_1 \Rightarrow a = 30 \text{ cm}.$$

Vậy đặt gương trùng với vị trí ảnh $A_1B_1$ của AB qua thấu kính trong lần đầu.

**8.** a) Độ phóng đại của ảnh: $k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d} = -\frac{f}{d-f}$.

và độ cao $A'B'$ của ảnh là: $\overline{A'B'} = k.\overline{AB} = -\frac{f}{d-f}\overline{AB}$

với $d = d_1$ thì độ cao của ảnh là $\overline{A_1B_1}$ ; $d = d_2$ thì độ cao của ảnh là $\overline{A_2B_2}$ .

Theo giả thiết, ta có: $\overline{A_2B_2} = 2\overline{A_1B_1}$ .

Vậy ta có phương trình: $-\frac{f}{d_2 - f}\overline{AB} = 2 - \frac{f}{d_1 - f}\overline{AB}$ .

Với $d_1 = 30cm$; $d_2 = 20cm$, ta được: $30 - f = 2(20 - f) \Rightarrow f = 10cm$.

b) Độ phóng đại $k_1$: $k_1 = -\frac{f}{d_1 - f} = -\frac{10}{30 - 10} = -\frac{1}{2}$.

Độ phóng đại $k_2$: $k_2 = -\frac{f}{d_2 - f} = -\frac{10}{20 - 10} = -1$.

**9.** a) Gọi tiêu cự của thấu kính phân kỳ là $f_1$, của thấu kính hội tụ là $f_2$, ta có hệ 2 phương trình: $\frac{1}{f_2} = \frac{1}{d} + \frac{1}{80}$ và $\frac{1}{f_1} = -\frac{1}{f_2} = \frac{1}{d} + \frac{1}{-20}$.

Cộng theo từng vế ta có: $0 = \frac{2}{d} + \frac{1}{80} - \frac{1}{20} \Rightarrow d = \frac{160}{3}(cm)$.

Từ đó suy ra: $f_2 = 32$ cm và $f_1 = -32$ cm.

b) Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{O_1} A_1B_1 \xrightarrow{O_2} A'B'$

Lần thứ nhất qua $O_1$: $d_1 = \frac{160}{3}$ cm và $d_1' = -20cm$.

Lần thứ hai qua $O_2$ : $d_2' = 120 + 80 = 200cm$.

Theo công thức thấu kính: $\frac{1}{d_2} + \frac{1}{200 - d_2} = \frac{1}{f_2} = \frac{1}{32}$

Giải phương trình $\Rightarrow d_2 = 40$ cm và $d_2 = 160$ cm.

Vậy có hai vị trí của thấu kính hội tụ $O_2$, cách thấu kính phân kỳ các đoạn: $l_1 = 40 - 20 = 20cm$ và $l_2 = 160 - 20 = 140$ cm.

**10.** a) Tính tiêu cự và bán kính cong của thấu kính.

Ta có d = 24cm; ảnh ảo bằng hai lần vật nên $d' = -2d = -48cm$.

$$f_1 = \frac{dd'}{d + d'} = \frac{24(-48)}{24 + (-48)} = 48cm$$

$$\frac{1}{f_1} = (1{,}5 - 1)\frac{1}{R} = \frac{1}{2R} \quad \Rightarrow \quad R = 24 \text{ cm}$$

b) Khi mạ bạc, thì hệ là hệ ghép gồm thấu kính có tiêu cự $f_1 = 48cm$ và một gương lõm có tiêu cự $f_2 = \frac{R}{2} = 12cm$.

Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L} A_1B_1 \xrightarrow{GC} A_2B_2 \xrightarrow{L} A_3B_3$

Theo tính toán trên:

Khoảng cách từ AB đến thấu kính: $d_1 = 24$ cm.

Khoảng cách từ $A_1B_1$ đến thấu kính: $d_1' = -48$ cm.

Coi khoảng cách giữa thấu kính và gương a = 0, khi đó:

Khoảng cách từ $A_1B_1$ đến gương: $d_2 = a - d_1' = 48$ cm.

Khoảng cách từ $A_2B_2$ đến gương: $d_2' = \dfrac{d_2.f_2}{d_2 - f_2} = \dfrac{48.12}{48-12} = 12$ cm.

Khoảng cách từ $A_2B_2$ đến thấu kính: $d_3 = a - d_2' = -12$ cm.

Khoảng cách từ ảnh cuối cùng $A_3B_3$ đến thấu kính:

$$d_3' = \frac{d_3.f_1}{d_3 - f_1} = \frac{(-12).48}{-12-48} = 9{,}6 \text{ cm.}$$

Vậy ảnh cuối cùng là ảnh thật nằm cách thấu kính 9,6 cm.

**11.** a) Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{O_1} A_1B_1 \xrightarrow{O_2} A_2B_2$

Lần tạo ảnh thứ nhất qua $O_1$: $d_1' = \dfrac{d_1'f_1}{d_1 - f_1} = \dfrac{10d_1}{d_1 - 10}$

Lần tạo ảnh thứ hai qua $O_2$: $d_2 = l - d_1 = 10 - \dfrac{10d_1}{d_1 - 10} = -\dfrac{100}{d_1 - 10}$

$$d_2' = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \frac{-4000}{-40d_1 + 300}$$

**Để** có ảnh ảo thì $d_2' < 0 \Rightarrow d < 7{,}5$ cm.

b) Xét trường hợp tổng quát: $d_1$ và $l$ là thông số.

$$d_1' = \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1}, \quad d_2 = l - d_1' = l - \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1}$$

Độ phóng đại:

$$k = k_1k_2 = \frac{-f_1}{d_1 - f_1}.\frac{-f_2}{d_2 - f_2} = \frac{f_1f_2}{d_1\left[l - (f_1 + f_2)\right] - f_1(l - f_2)}$$

**Để** k không phụ thuộc $d_1$ thì hệ số của $d_1$ trong biểu thức của k phải triệt tiêu. Ta có: $l = f_1 + f_2 = 50$ cm.

Khi đó: $k = \dfrac{f_1f_2}{0 - f_1f_1} = -\dfrac{f_2}{f_1} = -4 \Rightarrow k = -4.$

**12.** a) Khoảng cách a giữa hai thấu kính để $A'B'$ là ảnh thật.

Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{O_1} A_1B_1 \xrightarrow{O_2} A'B'$

Để $A'B'$ là ảnh thật thì điều kiện là: $d_2 > f_2$.

Ta có $d_1 = 18cm$ ; $f_1 = —18$ suy ra $d_1' = \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \frac{18.(-18)}{18-(-18)} = -9$ cm.

Mặt khác $d_2 = a - d'_1 = a + 9$ với $d_2 > f_2$ khi $a + 9 > 24$

Suy ra $a > 13cm$.

b) Để ảnh $A'B'$ có độ lớn không đổi thì độ phóng đại k không phụ thuộc vào vị trí của vật. Viết biểu thức độ phóng đại và xác định giá trị của a để độ phóng đại không đổi ta thu được $a = f_1 + f_2 = 6$ cm.

Khi đó: $k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_2K}}{\overline{O_1I}} = \frac{4}{3}$.

**13.** a) Vật nằm trong khoảng kính - gương. Sơ đồ tạo ảnh:

$$AB \xrightarrow{G} A_1'B_1' \xrightarrow{TK} A_1''B_1''$$

Ta có: $d_1 = 2$ ; $d_1' = \frac{2.4}{2-4} = -4$ ; $k_1 = +2$

$d_2 = 42 - (-4) = 46$ ; $d_2' = \frac{46.20}{46-20} = \frac{460}{13} \approx 35{,}4$ cm ; $k_2 = -\frac{10}{13}$

Ảnh của AB tạo bởi hệ là ảnh thật ở ngoài thấu kính cách thấu kính 35,4cm và có hệ số phóng đại ảnh là $k = -\frac{10}{13}$.

b) Vật nằm ngoài khoảng kính – gương. Sơ đồ tạo ảnh:

$$AB \xrightarrow{TK} A_2'B_2' \xrightarrow{G} A_2''B_2'' \xrightarrow{TK} A_2'''B_2'''$$

Ta có: $d_1 = 40$ ; $d_1' = \frac{40.20}{40-20} = 40$ ; $k_1 = -1$

$d_2 = 42 - 40 = 2$ ; $d_2' = \frac{2.4}{2-4} = -4$ cm ; $k_2 = +2$

$d_3 = 42 - (-4) = 46cm$; $d_3' = \frac{46 \times 20}{46-20} = \frac{460}{13} \approx 35{,}4$ cm;

Độ phóng đại: $k_3 = \frac{10}{13}$.

Ảnh của AB cho bởi hệ là ảnh thật có vị trí, độ cao như trường hợp trên nhưng có $k_3 = \frac{10}{13}$ nghĩa là $A_2'''B_2'''$ cùng chiều với AB.

**14.** a) Xác định ảnh $S_1$ của S qua thấu kính $L_1$.

Sơ đồ tạo ảnh: $S \xrightarrow{L_1} S_1$.

Ta có: d = 8cm; f = 12cm $\Rightarrow$ $d' = \frac{df}{d-f} = \frac{8.12}{8-12} = -24\,\text{cm}$.

$S_1$ là ảnh ảo trên trục chính trước $L_1$ cách $L_1$ 24cm.

b) Muốn chùm tia ló ra khỏi $L_2$ là chùm tia sáng song song thì $S_1$ phải ở đúng vị trí tiêu điểm vật của $L_2$. $L_2$ có tiêu điểm vật ở trước kính vậy $L_2$ là thấu kính hội tụ. $S_1$ cách $L_1$ 24cm, $L_2$ sau $L_1$ 12cm. Từ đó suy ra $f_2 = 36$cm.

**15.** Gọi d và d' là khoảng cách từ thấu kính đến vật và đến màn ảnh; f là tiêu cự của thấu kính, ta có : $d' + d = L$ hay $d' = L - d$

Mặt khác, ta lại có: $\frac{1}{d} + \frac{1}{L-d} = \frac{1}{f}$ hay $d^2 - Ld + Lf = 0$

Phương trình trên cho 2 nghiệm của d, ứng với hai vị trí của thấu kính $d_1 = \frac{L+\sqrt{\Delta}}{2}$ và $d_2 = \frac{L-\sqrt{\Delta}}{2}$ với $\Delta = L^2 - 4Lf$.

Khoảng cách giữa hai vị trí này là : $d_1 - d_2 = l$, hay $\sqrt{\Delta} = l$.

Giải ra, ta được: $\Delta = l^2 \rightarrow L^2 - 4Lf = l^2$

$$\Rightarrow f = \frac{L^2 - l^2}{4L} = \frac{90^2 - 30^2}{360} = 20\text{cm}.$$

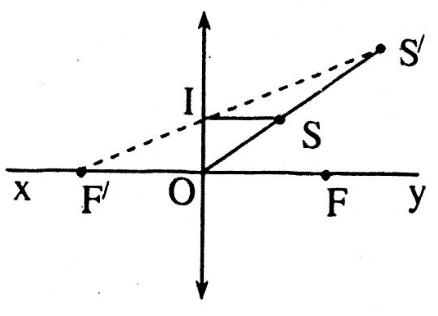
**16** Cách vẽ như hình 167.

Vì S và S' nằm cùng một phía so với trục chính nên chúng khác tính chất, nghĩa là S là vật thất thì S' là ảnh ảo. Mặt khác S' nằm xa trục chính hơn nên thấu kính là thấu kính hội tụ.

+ Nối SS' cắt xy tại O thì O là quang tâm của thấu kính .

+ Dựng thấu kính tại O và vuông góc với trục chính xy.

+ Từ S vẽ tia SI // xy cắt thấu kính tại I. Nối IS' kéo dài cắt xy tại F'. Khi đó F' là tiêu điểm ảnh của thấu kính. Tiêu điểm vật F lấy đối xứng với F' qua quang tâm O.



*Hình 167*

# § 48-49. MẮT. CÁC TẬT CỦA MẮT VÀ CÁCH KHẮC PHỤC

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Cấu tạo

Về phương diện quang hình học, ta có thể coi mắt là một hệ thống bao gồm giác mạc, thuỷ dịch, thuỷ tinh thể và thuỷ tinh dịch tương đương như một thấu kính hội tụ. Thấu kính tương đương này được gọi là thấu kính mắt, tiêu cự của thấu kính mắt có thể thay đổi được khi độ cong của các thuỷ tinh thể thay đổi nhờ sự co dãn của cơ vòng.

Võng mạc đóng vai trò như một màn ảnh. Trên võng mạc, có một vùng nhỏ màu vàng, rất nhạy với ánh sáng, nằm gần giao điểm V giữa trục của mắt với võng mạc. Vùng này gọi là điểm vàng. Dưới điểm vàng một chút có điểm mù M hoàn toàn không cảm nhận được ánh sáng.

### 2. Sự điều tiết. Điểm cực cận và điểm cực viễn

***a) Sự điều tiết của mắt***

Sự thay đổi độ cong các mặt của thuỷ tinh thể (dẫn đến sự thay đổi tiêu cự của thấu kính mắt) để giữ ảnh của vật cần quan sát hiện rõ trên võng mạc được gọi là sự điều tiết của mắt.

***b) Điểm cực viễn***

Điểm xa nhất trên trục của mắt mà vật đặt tại đó thì ảnh của vật nằm trên võng mạc gọi là điểm cực viễn. Đối với mắt không có tật, điểm cực viễn ở vô cực. Khi quan sát vật đặt ở điểm cực viễn, mắt không phải điều tiết.

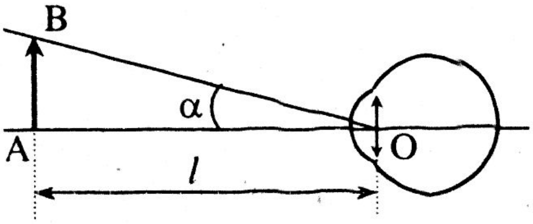
***c) Điểm cực cận***

Điểm gần nhất trên trục của mắt mà nếu vật đặt tại đó thì ảnh nằm trên võng mạc gọi là điểm cực cận. Khi nhìn vật ở điểm cực cận, thuỷ tinh thể căng phồng tối đa, tiêu cự của thấu kính mắt giảm đến mức nhỏ nhất. Khoảng cách từ điểm cực cận đến mắt gọi là khoảng thấy rõ ngắn nhất của mắt. Khoảng cách từ điểm cực cận đến điểm cực viễn gọi là khoảng thấy rõ của mắt.

### 3. Góc trông vật và năng suất phân li của mắt

***a) Góc trông vật***

Góc trông đoạn AB là góc $\alpha$ tạo bởi hai tia sáng xuất phát từ hai điểm A và B tới mắt (hình 168). Nếu đoạn AB vuông góc với trục chính của mắt, ta có: $\text{tg}\alpha = \dfrac{AB}{\ell}$.



*Hình 168*

### *b) Năng suất phân li*

Năng suất phân li của góc trông nhỏ nhất $\alpha_{min}$ khi nhìn đoạn AB mà mắt còn có thể phân biệt được hai điểm A, B. Vậy muốn mắt phân biệt được A và B thì $\alpha \geq \alpha_{min}$. Đối với mắt bình thường: $\alpha_{min} \approx 1' \approx 2{,}9.10^{-4}$ rad.

## 4. Sự lưu ảnh trên võng mạc

Sau khi ánh sáng kích thích trên võng mạc tắt, ảnh hưởng của nó vẫn còn kéo dài khoảng 0,1s. Trong khoảng thời gian đó, ta vẫn còn cảm giác nhìn thấy vật. Đó là sự lưu ảnh trên võng mạc.

## 5. Cận thị

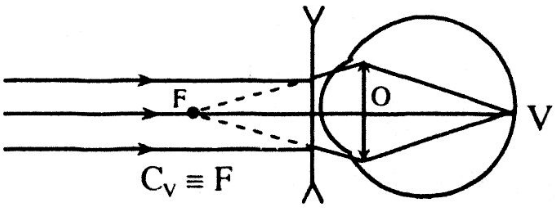
### *a) Đặc điểm của mắt cận thị*

Mắt cận thị là mắt nhìn xa kém hơn so với mắt bình thường. Điểm cực cận của mắt cận ở gần mắt hơn so với mắt bình thường.

### *b) Cách khắc phục mắt cận thị*

Trong thực tế, người cận thị thường dùng thấu kính phân kì.

Thấu kính phân kì được chọn sao cho, nếu người cận thị đeo kính thì ảnh của vật ở xa vô cực hiện lên trong khoảng thấy rõ của mắt cận, tốt nhất là hiện lên tại điểm cực viễn của mắt để mắt cận nhìn rõ ảnh này mà không phải điều tiết (hình 169).



*Hình 169*

Nếu đeo kính sát mắt thì phải chọn kính có tiêu cự $f_k = -OC_V$.

## 6. Viễn thị

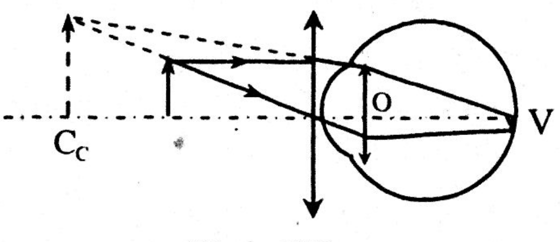
### *a) Đặc điểm của mắt viễn thị*

Mắt viễn thị là mắt nhìn gần kém hơn so với mắt bình thường. So với mắt bình thường, điểm cực cận của mắt viễn thị nằm xa mắt hơn. Khi nhìn vật ở vô cực, mắt viễn thị phải điều tiết.

### *b) Cách khắc phục tật viễn thị*

Để khắc phục tật viễn thị người ta thường dùng thấu kính hội tụ.

Cần chọn kính sao cho khi đeo kính, mắt viễn thị nhìn được vật ở gần như mắt không có tật, tức là ảnh của vật tạo bởi kính nằm ở điểm cực cận của mắt viễn. Ảnh này là ảnh ảo đối với kính, nằm xa mắt hơn vật (hình 170).



*Hình 170*

Đeo kính như vậy thì khi mắt nhìn vật ở xa vô cực cũng đỡ phải điều tiết hơn (so với khi không đeo).

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

**1.** Một người cận thị về già phải đeo kính số 4 mới nhìn thấy những vật ở xa mà không phải điều tiết. Điểm cực cận cách mắt 18cm.

a) Kính số 4 là loại kính gì? Tiêu cự bao nhiêu?

b) Người này muốn quan sát các chi tiết của hình vẽ dưới đáy một cái chậu, mắt chỉ được đặt cách đáy chậu 16cm nhưng lại quên không mang kính. Hỏi mắt có thể nhìn thấy các chi tiết của hình vẽ dưới đáy chậu không? Nếu không, hãy nêu một phương án đơn giản để mắt có thể nhìn thấy được những hình ảnh đó khi không có kính.

**2.** Một số người cho rằng: Những người cận thị khi đọc sách nên cứ đeo kính, như vậy sẽ tốt hơn, một số người khác thì lại cho rằng khi đọc sách nên bỏ kính ra, như vậy sẽ không làm cho mắt bị cận thị nặng hơn. Xem ra ai cũng có lí! Theo bạn nên như thế nào: Người cận thị nên thường xuyên đeo kính khi đọc sách hay thường xuyên không đeo kính lúc đọc sách thì tốt hơn?

**3.** Một người chỉ nhìn rõ được vật xa nhất cách mắt 100cm.

a) Mắt người ấy mắc tật gì? Vì sao?

b) Muốn sửa tật trên, người ấy phải đeo kính có độ tụ bao nhiêu? Cho rằng kính đeo sát mắt.

**4.** Một người viễn thị có khoảng nhìn rõ ngắn nhất là 50cm. Tính độ tụ của kính phải đeo sát mắt để có thể đọc được vài dòng chữ nằm cách mắt gần nhất là 30cm.

**5.** Một người viễn thị có đeo sát mắt một kính có độ tụ +2 điôp thì nhìn rõ một vật gần nhất nằm cách mắt là 25cm. Nếu người ấy thay kính nói trên bằng kính có độ tụ +1,5 điôp thì sẽ nhìn rõ những vật cách mắt gần nhất là bao nhiêu?

**6.** Một người cận thị phải đeo sát mắt một kính có độ tụ –2điôp mới nhìn rõ được các vật nằm cách mắt từ 30cm đến vô cực. Xác định giới hạn nhìn rõ của mắt người ấy khi không đeo kính.

**7.** Một người cận thị có điểm cực viễn cách mắt 50cm.

a) Xác định độ tụ của kính mà người này phải đeo để có thể nhìn rõ một vật ở xa vô cùng mà không phải điều tiết.

b) Khi đeo kính, người này có thể đọc được một trang sách cách mắt gần nhất là 20cm. Hỏi khoảng nhìn rõ gần nhất của mắt người này khi không đeo kính là bao nhiêu? Coi kính đeo sát mắt.

**8.** Một người có khả năng nhìn rõ những vật ở xa, nhưng để nhìn rõ những vật gần nhất, cách mắt 27cm thì phải đeo kính có độ tụ +2,5điôp. Kính cách mắt 2cm. Hỏi nếu đưa kính vào sát mắt thì người ấy sẽ nhìn rõ những vật nằm trong khoảng nào trước mắt?

**9.** Một người cận thị chỉ còn nhìn rõ những vật nằm trong khoảng cách mắt từ 0,4m đến 1m.

a) Để nhìn rõ những vật rất xa mà mắt không phải điều tiết người ấy phải đeo kính có độ tụ bằng bao nhiêu? Khi đeo kính này thì điểm cực cận mới cách mắt là bao nhiêu?

b) Để nhìn rõ vật gần nhất cách mắt 25cm, người ấy phải đeo kính có độ tụ bằng bao nhiêu? Khi đeo kính này thì điểm cực viễn mới cách mắt là bao nhiêu?

**10.** Một người cận thị lúc về già chỉ nhìn rõ được các vật nằm cách mắt khoảng từ 30cm đến 40cm.

a) Tính độ tụ của kính phải đeo để có thể nhìn rõ vật ở vô cực mà không phải điều tiết.

b) Tính độ tụ của kính phải đeo để có thể nhìn rõ hàng chữ đặt gần nhất cách mắt 25cm.

Coi kính đeo sát mắt.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** a) Kính số 4 có độ tụ –4dp, tức có tiêu cự $f = -25$cm.

b) Không nhìn thấy, vì $OC_C = 18$cm nghĩa là đáy chậu nằm gần mắt hơn so với điểm cực cận.

Phương án đơn giản để mắt có thể nhìn thấy những hình ảnh dưới đáy chậu là đổ nước vào chậu cho đến khi ảnh ảo của các hình vẽ dưới đáy chậu qua lưỡng chất phẳng nước - không khí nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt.

**2.** Khi đọc, thường phải để sách cách mắt chừng 25 đến 30 cm để nhìn bao quát được cả trang sách. Người cận thị khi không đeo kính chỉ nhìn rõ những vật ở trong giới hạn nhìn rõ của mắt khoảng này là tương đối nhỏ.

Những người cận thị đeo kính số 5 chẳng hạn, có điểm cực viễn cách mắt chỉ 20cm. Những người cận thị nặng hơn có điểm cực viễn còn ở gần mắt hơn nữa. Muốn đọc được trang sách đặt cách mắt 30cm họ nhất thiết phải đeo kính . Khi đeo kính đúng số ($f = -OC_V$), điểm cực viễn được đưa ra xa vô cùng, và mắt lại phải điều tiết mới thấy rõ các chữ trên trang sách.

Đối với người cận thị nhẹ hơn, có điểm cực viễn cách mắt khoảng 25cm, nên không cần đeo kính họ cũng đọc được chữ trên sách ở cách mắt 25cm, mà không phải điều tiết (hoặc chỉ cần điều tiết rất ít). Khi mắt không điều tiết hoặc điều tiết ít, các cơ giữ thủy tinh thể làm việc không quá căng, nên lâu mỏi, khi mắt không điều tiết nữa, thủy tinh thể trở lại bình thường, nên mắt không bị cận nặng thêm. Nếu đeo kính để đưa cực viễn ra vô cực, thì lúc đọc sách mắt phải điều tiết nhiều, thủy tinh thể ở trạng thái căng quá lâu, có thể bị giảm, hoặc mất tính đàn hồi, khó trở lại trạng thái bình thường, và mắt có xu hướng ngày càng cận nặng thêm. Vì vậy người ta thường khuyên người cận thị bỏ kính ra hoặc đeo kính số nhỏ hơn khi đọc, để giữ cho khỏi cận nặng thêm .

Tuy nhiên, nếu cứ giữ cho mắt luôn luôn không phải điều tiết, cơ mắt ít hoạt động sẽ chóng suy yếu, mắt chóng mất khả năng điều tiết và chóng thành mắt lão. Vì vậy thỉnh thoảng nên cho cơ mắt hoạt động, tức là cứ đeo kính mà đọc sách để mắt phải điều tiết. Việc này cần làm một cách điều độ để vừa giữ cho mắt không cận nặng thêm vừa giữ cho mắt trẻ lâu.

**3.** a) Người ấy bị tật cận thị vì $OC_V = 100cm$ tức người ấy không thể nhìn rõ những vật ở xa quá 1m.

b) Muốn sửa tật, người ấy phải đeo kính có độ tụ (hay tiêu cự) thích hợp sao cho ảnh một vật ở xa vô cùng qua kính là ảnh ảo hiện ở điểm cực viễn.

Ta có: $d = \infty \Rightarrow f = d' = -100\,cm = -1m$.

Độ tụ: $D = \frac{1}{f} = -\frac{1}{1} = -1$ dp.

**4.** Để nhìn rõ những dòng chữ gần nhất cách mắt 40 cm, người ấy phải đeo thấu kính có độ tụ hay tiêu cự thích hợp sao cho ảnh của dòng chữ qua kính là ảnh ảo hiện ở điểm cực cận.

$S'$ là ảnh ảo: $d' = -0,5m$.

Tiêu cự: $f_K = \frac{dd'}{d+d'} = \frac{0,4.(-0,5)}{0,4-0,5} = 2m$

Độ tụ: $D_K = \frac{1}{f_K} = 0,5$điôp.

**5.** Kính có độ tụ +2 điôp, tiêu cự tương ứng $f = \frac{1}{D} = 0,5m = 50cm$.

Ta có $d = 25cm$; $f = 50cm \Rightarrow d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{25.50}{25-50} = -50$ cm.

Khoảng nhìn rõ ngắn nhất của người đó: $OC_C = -d' = 50cm$.

Khi đeo kính $O'$ có độ tụ $D' = +1,5$ điôp.

Tiêu cự $f' = \frac{1}{D'} = \frac{1}{1,5} = \frac{2}{3}m$

Sơ đồ tạo ảnh : $S \xrightarrow{O'} S'$ (ảo) $\equiv C_C$

$d' = OC_c = -50cm$ ; $d = \frac{d'.f'}{d'-f'} = \frac{(-50).\frac{200}{3}}{(-50)-\frac{200}{3}} = 28,6cm$

Vậy, dùng kính có độ tụ $D' = +1{,}5$ điôp có thể nhìn rõ một vật gần nhất cách mắt 28,6 cm.

**6.** Độ tụ $D = -2$điôp $\Rightarrow$ Tiêu cự $f = \frac{1}{D} = -0{,}5\text{m}$.

Quá trình tạo ảnh qua kính: $S \xrightarrow{O} S'$.

Khi vật nằm cách mắt 20cm: d = 30 cm, ảnh ở điểm $C_C$.

$$d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{30.(-50)}{30-(-50)} = 18{,}75\text{cm}.$$

Khoảng cách từ mắt người đó đến điểm cực cận: $OC_c = 18{,}75\text{cm}$.

Khi vật ở vô cùng: $d = \infty$ ; ảnh ở điểm cực viễn.

$$d = \infty \Rightarrow d' = f = -50 \text{ cm}$$

Khoảng cách từ mắt người đó đến điểm cực viễn: $OC_V = 50\text{cm}$

Vậy giới hạn nhìn rõ của mắt khi không đeo kính là những điểm cách mắt từ 18,75cm đến 50cm.

**7.** a) Giả sử là kính đeo sát mắt, để nhìn rõ một vật ở xa vô cùng mà không phải điều tiết thì kính cần đeo phải có tiêu cự sao cho ảnh ảo của một vật ở vô cùng phải nằm đúng trên điểm cực viễn của mắt.

$$d = \infty \Rightarrow d' = f = -O_KC_V = -OC_V = -50\text{cm}.$$

Độ tụ của kính: $D = \frac{1}{f} = \frac{1}{-0{,}5} = -2$ điôp.

b) Khoảng nhìn rõ ngắn nhất của mắt khi không đeo kính, chính là khoảng cách từ điểm cực cận $C_C$ đến mắt.

Khi người này đeo kính, đọc được trang sách cách mắt gần nhất là 20cm tức là ảnh ảo của nó qua kính nằm trên điểm cực cận.

với $d = 20\text{cm} \Rightarrow d' = \frac{df}{d-f} = \frac{20.(-50)}{20-(-50)} = -\frac{100}{7} = -14{,}3\text{cm}.$

$\Rightarrow OO_C = 14{,}3\text{cm}$. Vậy khi không đeo kính, khoảng nhìn rõ ngắn nhất của mắt người đó là 14,3cm.

**8.** Khi không đeo kính điểm cực viễn của mắt ở vô cùng. Gọi O là quang tâm của mắt thì $OC_V = \infty$. Điểm gần nhất mà mắt có thể nhìn thấy được là điểm cực cận $C_C$.

Khi đeo kính để nhìn rõ những vât ở gần nhất tức là lúc đó người này ngắm chừng ở điểm cực cận.

Sơ đồ tạo ảnh: $S \xrightarrow{O_K} S'$ ở cực cận $C_C$.

trong đó S là điểm sáng cần nhìn, $O_K$ là quang tâm của kính.

Gọi d và $d'$ lần lượt là khoảng cách từ S và $S'$ (hay điểm cực cận $C_C$) đến kính $O_K$. Với : $d = O_KS = OS - OO_K = 27 - 2 = 25cm$.

$d' = -O_KS' = -O_KC_C$

Mặt khác $O_KC_C = OC_C - OO_K = OC_C - 2$

Tiêu cự của kính : $f = \frac{1}{D} = \frac{1}{2,5} = 0,4m = 40cm$.

$$d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{25.40}{25-40} = -\frac{200}{3} = -66,7cm.$$

Vậy $O_KC_C = 66,7cm \Rightarrow OC_C = 66,7 + 2 = 68,7cm$.

Nhận xét: Khi không đeo kính người ấy có khoảng nhìn rõ cách mắt từ 68,7cm cho đến ∞. Khi đeo kính sát mắt thì $O_K$ trùng O.

- Nếu người ấy ngắm chừng ở điểm cực viễn:

$$d' = -OC_V = \infty \text{ và } d = f = 40cm.$$

- Nếu người ấy ngắm chừng ở điểm cực cận:

$$d' = OC_C = -68,7cm \text{ và } d = \frac{d'.f}{d'-f} = \frac{-68,7.40}{-68,7-40} \approx 25,3cm.$$

Vậy khi đưa kính vào sát mắt, người ấy sẽ nhìn thấy các vật nằm cách mắt từ 25,3cm đến 40cm, tức là: $25,3cm \le d \le 40cm$.

**9.** a) Để nhìn rõ những vật ở rất xa, người ấy phải đeo kính sao cho ảnh của một vật đặt ở xa vô cùng qua kính nằm ở điểm cực viễn. Giả sử kính đeo sát mắt, quang tâm $O_K$ của kính trùng với quang tâm O của mắt. Gọi d là khoảng cách từ vật đến kính ($d = \infty$); $d'$ là khoảng cách từ ảnh đến kính:

$$d' = -OC_V = -O_KC_V.$$

Từ $d' = \frac{d.f}{d-f}$ với $d = \infty \Rightarrow d' = f = -OC_V = -1m \Rightarrow D = \frac{1}{f} = -1$ điôp.

Khi đeo kính này, nếu một vật đặt tại một điểm nào đó mà ảnh của nó qua kính nằm đúng ở điểm cực cận của mắt thì vị trí đó là điểm cực cận mới.

Sơ đồ tạo ảnh: AB (ở điểm cực cận mới) $\xrightarrow{O_K}$ $A'B'$ ở $C_C$.

Với $d' = -O_KC_C = -OC_C = -0,4m$

$$d = \frac{d'.f}{d'-f} = \frac{-0,4.(-1)}{-0,4-(-1)} = 0,66m = 66cm.$$

Vậy điểm cực cận mới cách mắt 66cm.

b) Để nhìn rõ một vật gần nhất cách mắt 25cm, người ấy phải đeo kính $O_K$ sao cho ảnh của vật đó là ảnh ảo nằm ở điểm cực cận của mắt.

với $d = 25cm$ và $d' = -OC_C = -0,4m$.

Tiêu cự của thấu kính mới là: $f' = \frac{dd'}{d+d'} = \frac{0,25.(-0,4)}{0,25+(-0,4)} = \frac{2}{3}m$.

Độ tụ mới của thấu kính là : $D' = \frac{1}{f'} = \frac{3}{2} = 1,5$ điôp.

Khi đeo kính này ($D' = 1,5$ điôp), nếu một vật đặt tại một điểm nào đó cho một ảnh ảo qua kính nằm đúng tại điểm cực viễn của mắt thì vị trí đó được xem là điểm cực viễn mới.

với $d' = -O'_KC_V = -OC_V = -1m. \Rightarrow d = \frac{d'.f}{d'-f} = 0,4m$.

Vậy điểm cực viễn mới cách mắt 0,4m.

**10.** a) Khi quan sát vật ở vô cực, sơ đồ tạo ảnh:

$$S(\infty) \xrightarrow{O_K} S_1(\text{ảo}) \equiv C_V$$

Vì S ở vô cực nên: $d = \infty \Rightarrow d' = f_K$ ; $d' = -O_KS_1 = -O_KC_v = -OC$

Vậy : $f_K = -0,4m \Rightarrow$ độ tụ: $D_K = \frac{1}{f_K} = \frac{1}{-0,4} = -2,5$ điôp

b) Muốn quan sát rõ hàng chữ cách mắt gần nhất 25cm, mắt phải đeo một thấu kính có tiêu cự thích hợp theo sơ đồ :

$$S(\text{ở cách mắt 25 cm}) \xrightarrow{O_K} S_1(\text{ảo}) \text{ ở } C_C$$

$d = 25cm$ ; $d' = -O_KS_1 = -O_KC_c = -OC_c = -30cm$.

Tiêu cự của kính: $f'_K = \frac{dd'}{d+d'} = \frac{25(-30)}{25-30} = 150cm = 1,5m$.

Độ tụ: $D'_K = \frac{1}{f'_K} = \frac{1}{1,5} = \frac{2}{3}$ điôp $= 0,67$ điôp.

# § 50. KÍNH LÚP

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Kính lúp và công dụng

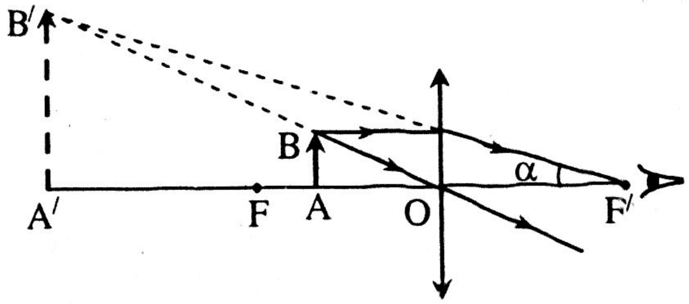
Kính lúp là quang cụ bổ trợ cho mắt, có tác dụng làm tăng góc trông bằng cách tạo ra một ảnh ảo cùng chiều, lớn hơn vật, nó là một thấu kính hội tụ có tiêu cự nhỏ.

### 2. Cách ngắm chừng ở điểm cực cận và ở vô cực

Để quan sát những vật nhỏ thì phải đặt trước thấu kính một khoảng nhỏ hơn tiêu cự (hình 171) và phải điều chỉnh vị trí của vật hoặc kính sao cho ảnh của vật hiện trong khoảng thấy rõ của mắt. Cách quan sát và điều chỉnh như vậy gọi là cách ngắm chừng.

- Nếu điều chỉnh kính sao cho ảnh hiện lên ở điểm cực cận ($C_C$) thì đó là ngắm chừng ở điểm cực cận.

- Nếu điều chỉnh sao cho ảnh nằm ở điểm cực viễn ($C_V$) thì đó là cách ngắm chừng ở điểm cực viễn.



*(Hình 171)*

### 3. Độ bội giác của kính lúp

Độ bội giác của kính lúp là tỉ số giữa góc trông ảnh qua kính (α) với góc trông trực tiếp vật ($\alpha_0$) khi vật đặt ở điểm cực cận: $G = \dfrac{\alpha}{\alpha_0}$.

**- Khi ngắm chừng ở điểm cực cận: $G_C = k$.**

- Khi ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \dfrac{Đ}{f}$.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Những người thợ chữa đồng hồ thường dùng một cái kính nhỏ. Kính đó thuộc loại kính gì ? Họ sử dụng kính đó như thế nào?
2. Vì sao người ta không dùng thấu kính hội tụ có tiêu cự dài để làm kính lúp mà phải dùng thấu kính có tiêu cự ngắn?
3. Những người có mắt bị cận thị, khi dùng kính lúp có thể điều chỉnh để quan sát một vật nhỏ mà mắt không phải điều tiết không? Nếu được, cần phải điều chỉnh vị trí kính như thế nào?

**4.** Một người dùng một kính lúp $O_1$ có tiêu cự $f_1 = 2cm$ để quan sát một vật nhỏ AB. Người đó đặt vật trước kính, cách $O_1$ một khoảng 1,9cm, và đặt cách mắt sau và sát $O_1$, để quan sát.

a) Xác định vị trí của ảnh. Tính độ phóng đại k của ảnh $A'B'$.

b) Tính độ bội giác, biết rằng khoảng cách thấy rõ ngắn nhất của mắt người này là D = 25cm.

**5.** Một người có khoảng nhìn rõ ngắn nhất là 25cm, quan sát một vật nhỏ qua một kính lúp với độ bội giác bằng 5 và không điều tiết, kính đặt cách mắt 10cm. Phải đặt vật ở vị trí nào để có một ảnh có độ bội giác là 4.

**6.** Một người cận thị có điểm cực viễn cách mắt 50cm. Khoảng nhìn rõ ngắn nhất của người ấy là 15cm. Người ấy quan sát một vật nhỏ qua một kính lúp có tiêu cự 5cm. Mắt đặt cách kính 20cm trong trạng thái không điều tiết. Xác định vị trí của vật, độ phóng đại và độ bội giác của ảnh.

**7.** Một người cận thị có $OC_C = 12cm$ và khoảng nhìn rõ của mắt là 68cm. Người đó dùng một kính lúp có tiêu cự 10cm để quan sát một vật nhỏ, mắt đặt sát kính. Phải đặt vật trong khoảng nào trước kính lúp?

**8.** Một người cận thị $OC_C = 15cm$ và $OC_V = 45cm$.

Người này dùng kính lúp có tiêu cự f = 4cm để quan sát một vật nhỏ, mắt cách kính 10cm. Độ bội giác của ảnh bằng 3. Xác định khoảng cách từ vật đến kính.

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** Kính mà những người thợ sửa đồng hồ cũng chỉ là một kính lúp tức là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn (khoảng 4 đến 5 cm).

Họ thường sử dụng kính này theo ba cách khác nhau tùy vào những trường hợp cụ thể.

- Cách thứ nhất: Đặt vật quan sát ở đúng mặt phẳng tiêu của kính để ảnh của vật hiện ở vô cực. Cách này gọi là cách ngắm chừng ở vô cực, dùng cách này có ưu điểm là mắt đặt ở sau kính chỗ nào cũng được.

- Cách thứ hai: Đặt vật gần và sau tiêu điểm trước, sao cho ảnh của nó ở đúng điểm cực cận của mắt. Khi đó mắt phải đặt sát vào kính. Cách này gọi là cách ngắm chừng ở điểm cực cận, dùng cách này có ưu điểm là cho ta một độ bội giác lớn, nhưng có nhược điểm là mắt phải điều tiết cực đại, nếu nhìn lâu sẽ làm cho mắt chóng mỏi.

- Cách thứ ba: Đặt cho quang tâm của mắt trùng với tiêu điểm của kính và đặt vật gần và sau tiêu điểm, sao cho ảnh của vật nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt. Cách này có ưu điểm là khi vật xê dịch chút ít, sao cho ảnh của nó vẫn nằm trong giới hạn nhìn rõ, thì mắt vẫn nhìn rõ ảnh. Cách này rất tiện cho người thợ chữa đồng hồ vì anh ta có thể quan sát rõ được các bộ phận khác nhau của đồng hồ, cùng một lúc.

Trên thực tế, để bảo đảm quang tâm của mắt đặt đúng tiêu điểm của kính, người ta thường lắp kính vào một đầu một cái ống nhựa, đầu kia của ống lắp vừa vào hốc mắt, và được giữ bằng nếp da mặt, hoặc bằng một dây buộc vào sau đầu.

**2.** Kính lúp là loại kính dùng để quan sát các vật nhỏ đặt không quá xa đối với mắt. Tác dụng cơ bản của kính lúp là làm tăng góc trông ảnh.

Từ công thức: $G_\infty = \frac{0,25}{f}$ : Nếu chọn thấu kính hội tụ có tiêu cự f lớn để làm kính lúp thì độ bội giác sẽ nhỏ, như vậy không đảm bảo yêu cầu làm tăng độ bội giác.

**3.** Những người có mắt bị cận thị, khi dùng kính lúp hoàn toàn có thể điều chỉnh vị trí của kính để quan sát một vật nhỏ mà mắt không phải điều tiết. Muốn vậy họ phải điều chỉnh vị trí của kính sao cho ảnh của vật qua kính phải là ảnh ảo nằm tại điểm cực viễn của mắt. Mắt sẽ nhìn ảnh ảo này mà không phải điều tiết.

**4.** a) Sơ đồ tạo ảnh : $AB \xrightarrow{O} A'B'$

Khoảng cách từ $A'B'$ đến kính lúp: $d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{1,9.2}{1,9-2} = -38$ cm.

Độ phóng đại: $k = -\frac{d'}{d} = \frac{38}{1,9} = 20$ .

b) Do mắt đặt sát kính lúp nên độ bội giác:

$$G = \frac{\alpha}{\alpha_0} \approx \frac{tg\alpha}{tg\alpha_0} = \frac{A'B'}{AB}.\frac{Đ}{d'} = k.\frac{Đ}{d'} = 20.\frac{25}{38} = 13,2.$$

**5.** Độ bội giác: $G = \frac{A'B'}{AB}.\frac{OC_c}{|d'|+l} = |k|.\frac{OC_c}{|d'|+l} = \frac{f}{|d-f|}.\frac{OC_c}{\left|\frac{df}{d-f}\right|+l}$

$$f > d \text{ nên } G = \frac{f}{f-d}.\frac{OC_c}{\left|\frac{df}{d-f}\right|+l} \Rightarrow G = \frac{f.OC_c}{d(f-l)+lf} \quad (*)$$

Tiêu cự của kính lúp tính từ: $G_\infty = \frac{D}{f} = \frac{25}{f} \Rightarrow f = 5\text{cm}$.

Thay vào công thức (*) thu được: d = 3,75cm.

**6.** Khi quan sát trong trạng thái không điều tiết, vật AB qua kính lúp L cho ảnh $A'B'$ hiện lên ở điểm cực viễn.

Khi đó: $|d'| = OC_V - l = 50 - 20 = 30\text{cm} \Rightarrow d' = -30\text{cm}$

Ta có: $d = \dfrac{d'f}{d'-f} = \dfrac{-30.5}{-30-5} \approx 4{,}3\text{cm}$ ; Độ phóng đại: $k = \dfrac{d'}{d} = \dfrac{30}{4{,}28} = 7$;

Độ bội giác: $\text{tg}\alpha = \dfrac{A'B'}{|d'|+1}$ ; $\text{tg}\alpha_0 = \dfrac{AB}{OC_c}$

$$G_v = \frac{\text{tg}\alpha}{\text{tg}\alpha_0} = \frac{A'B'}{AB}.\frac{OC_c}{|d'|+l} = k\frac{OC_c}{|d'|+l} = k\frac{OC_c}{OC_v} = 7\frac{15}{50} = 2{,}1.$$

**7.** Khoảng cách từ $C_V$ đến mắt: $OC_V = OC_C + 68 = 80\text{cm}$.

Sơ đồ tạo ảnh qua kính: $AB \xrightarrow{O} A'B' \text{ (ảo)} \in [C_C, C_V]$

Từ công thức: $\dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{d} + \dfrac{1}{d'} \Rightarrow d' = \dfrac{df}{d-f}$.

Vì ảnh là ảo nên $d' = \dfrac{df}{d-f} < 0$.

Vì $A'B'$ (ảo) $\in [C_C, C_V]$ nên: $12 \le \dfrac{df}{d-f} \le 80$

Với $\dfrac{fd_1}{f-d_1} = 12\,\text{cm} \Rightarrow d_1 = \dfrac{120}{22} \approx 5{,}46\,\text{cm}$

Với $\dfrac{fd_2}{f-d_2} = 80\,\text{cm} \Rightarrow d_2 = \dfrac{800}{22} \approx 8{,}695\,\text{cm}$

$$\Rightarrow 5{,}46\text{ cm} \le d \le 8{,}69\text{ cm}$$

**8.** Công thức độ bội giác: $G = k\dfrac{D}{1+|d'|} = -\dfrac{d'-f}{f}.\dfrac{D}{1+|d'|}$

Suy ra: $G = \dfrac{f+|d'|}{f}.\dfrac{D}{1+|d'|}$. Với $G = 3 \Rightarrow |d'| = 20\text{cm}$.

Do ảnh là ảnh ảo nên $d' = -20$ cm.

Khoảng cách từ vật đến kính: $d = \dfrac{d'f}{d'-f} = \dfrac{-20.4}{-20-4} = \dfrac{80}{24} = \dfrac{10}{3}(\text{cm})$.

# § 51-52. KÍNH HIỂN VI VÀ KÍNH THIÊN VĂN

## A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

### 1. Kính hiển vi

***a) Nguyên tắc cấu tạo***

Kính hiển vi là quang cụ bổ trợ cho mắt trong việc quan sát các vật rất nhỏ, nó có tác dụng làm góc trông ảnh của vật lớn hơn góc trông vật trực tiếp nhiều lần. Kính hiển vi là một hệ gồm hai thấu kính hội tụ: Thấu kính thứ nhất cho ta ảnh thật của vật được phóng đại; thấu kính thứ hai dùng làm kính lúp để quan sát ảnh này. Khi quan sát, mắt nhìn thấy ảnh cuối cùng của vật với góc trông lớn hơn góc trông trực tiếp.

***b) Cách ngắm chừng***

Vật cần quan sát AB được đặt cách quang tâm vật kính một khoảng lớn hơn tiêu cự nhưng rất gần tiêu điểm vật của vật kính. Qua vật kính, ta thu được ảnh thật $A_1B_1$ lớn gấp $k_1$ lần vật AB. Thị kính được sử dụng như một kính lúp để quan sát ảnh $A_1B_1$. Khi đó, thị kính cho ta ảnh ảo cuối cùng $A_2B_2$ rất lớn, ngược chiều với vật AB.

Để đỡ mỏi mắt, cần điều chỉnh để $A_2B_2$ ở vô cực.

***c) Độ bội giác***

Khi ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \dfrac{\delta.Đ}{f_1f_2}$.

### 2. Kính thiên văn

***a) Khái niệm***

Kính thiên văn là dụng cụ quang học dùng để quan sát các vật ở rất xa như các thiên thể chẳng hạn.

Hai loại kính thiên văn thường dùng trong trường học:

- Kính thiên văn, trong đó người ta dùng thấu kính để nhận ánh sáng từ vật chiếu đến, được gọi là kính thiên văn khúc xạ.
- Kính thiên văn, mà trong đó người ta dùng gương để nhận ánh sáng từ vật chiếu đến, gọi là kính thiên văn phản xạ.

***b) Cấu tạo và cách ngắm chừng***

***Kính thiên văn khúc xạ***

Bộ phận chủ yếu của kính thiên văn khúc xạ thường dùng gồm hai thấu kính hội tụ. Vật kính có tiêu cự lớn. thị kính có tiêu cự nhỏ. Hai kính được lắp đồng trục ở hai đầu của một ống hình trụ. Khoảng cách giữa chúng có thể thay đổi được.

Khi hướng ống kính về phía vật cần quan sát AB coi như ở xa vô cực, vật kính cho một ảnh thật $A_1B_1$ nằm ở tiêu diện ảnh $F'_1$ của vật kính. Thị kính cho ảnh cuối cùng $A_2B_2$ là một ảnh ảo, lớn hơn và ngược chiều với vật AB.

Để ngắm chừng ở vô cực, phải điều chỉnh kính sao cho ảnh $A_1B_1$ nằm ở tiêu điểm vật $F_2$ của thị kính. Khi đó, tiêu điểm ảnh $F'_1$ của vật kính sẽ trùng với tiêu điểm vật $F_2$ của thị kính.

Ta có $O_1O_2 = f_1 + f_2$.

***Kính thiên văn phản xạ***

Ở kính thiên văn phản xạ, vật kính là một gương lõm, thường là gương parabol. Ngắm chừng ở kính thiên văn phản xạ, về nguyên tắc, cũng giống như kính thiên văn khúc xạ.

***c) Độ bội giác***

Trong trường hợp kính thiên văn, $\alpha_0$ là góc trông trực tiếp vật nhưng vật không phải ở điểm cực cận của mắt.

Độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \dfrac{f_1}{f_2}$.

## B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

**1.** Khi quan sát một vật qua kính hiển vi, người ta thường điều chỉnh kính sao cho ảnh cuối cùng của vật qua kính là ảnh ảo hiện ở điểm cực viễn. Cách điều chỉnh này có tác dụng gì? Hãy giải thích.

**2.** Vì sao người ta phải chọn những thấu kính hội tụ có tiêu cự nhỏ làm vật kính và thị kính trong kính hiển vi?

**3.** Một học sinh đã dùng một kính hiển vi và điều chỉnh lại sao cho vật kính và thị kính có tiêu điểm trùng nhau. Học sinh đó cho rằng kính bây giờ thực hiện được chức năng của một kính thiên văn. Cách làm như vậy có được không? Hãy giải thích.

**4.** Một người mắt không có tật, điểm cực cận cách mắt 25cm quan sát một vật nhỏ bằng kính hiển vi gồm vật kính có tiêu cự $f_1 = 0,5$cm, thị kính có tiêu cự $f_2 = 2$cm cách đặt cách vật kính 18cm. Người quan sát đặt mắt ở tiêu điểm ảnh của thị kính.

a) Xác định phạm vi ngắm chừng của kính hiển vi.

b) Tính độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực và ở điểm cực cận.

**5.** Một người mắt tốt quan sát Mặt Trăng qua một kính thiên văn trong trạng thái không điều tiết. Vật kính có tiêu cự 1,6m, thị kính có tiêu cự 5cm. Tính khoảng cách giữa vật kính và thị kính và độ bội giác của ảnh.

**6.** Một kính hiển vi gồm vật kính có tiêu cự 0,5cm, thị kính có tiêu cự 4cm đặt cách nhau một đoạn 20,5cm. Một người đặt mắt quan sát ở tiêu điểm ảnh của thị kính. Mắt không có tật và điểm cực cận xa mắt 25cm. Tính:

a) Phạm vi ngắm chừng của kính hiển vi?

b) Độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực và ở điểm cực cận.

**7.** Một người mắt không có tật, khoảng nhìn rõ ngắn nhất là 25cm, quan sát những hồng cầu qua một kính hiển vi trong trạng thái không điều tiết. Trên vành vật kính có ghi X120; trên vành thị kính có ghi X5. Đường kính của các hồng cầu gần bằng 7,5 m. Tính góc trông ảnh cuối cùng của hồng cầu qua thị kính. Mắt người quan sát đặt sát sau thị kính.

**8.** Một người cận thị có điểm cực viễn cách mắt 50cm quan sát một chòm sao qua một kính thiên văn trong trạng thái không điều tiết. Vật kính có tiêu cự 0,9 m, thị kính có tiêu cự 2,5 cm.

Tính độ bội giác của ảnh cuối cùng.

**9.** Góc trông của đường kính Mặt Trăng từ Trái Đất là 30'. Một người cận thị dùng một kính thiên văn cỡ nhỏ để quan sát Mặt trăng trong trạng thái không điều tiết. Điểm cực viễn của người ấy cách mắt 50cm. Vật kính của kính thiên văn có tiêu cự 60cm, thị kính có tiêu cự 3cm. Tính đường kính của ảnh cuối cùng của Mặt Trăng và độ bội giác của ảnh.

**10.** Một ống nhòm coi như một kính thiên văn cỡ nhỏ. Vật kính có độ tụ +4 điôp, thị kính có độ tụ +25 điôp. Hai kính đặt cách nhau 29cm. Một người mắt không có tật và điểm cực cận cách mắt 25cm, đặt mắt sát sau thị kính sẽ có thể nhìn rõ ảnh của các vật nằm trong khoảng nào trước vật kính? Độ bội giác của ảnh biến thiên trong khoảng nào?

## C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

**1.** Khi quan sát một vật qua kính hiển vi, người ta thường điều chỉnh kính sao cho ảnh cuối cùng của vật qua kính là ảnh ảo hiện ở điểm cực viễn (tức ngắm chừng ở điểm cực viễn), khi đó mắt nhìn ảnh này mà không phải điều tiết. Những người làm công tác khoa học thường phải sử dụng kính hiển vi trong một thời gian tương đối dài, nên nếu không điều chỉnh kính để quan sát như vậy sẽ chóng bị mỏi mắt, năng suất làm việc không cao.

**2.** Tác dụng cơ bản của kính hiển vi là làm tăng góc trông ảnh và có độ bội giác lớn hơn nhiều so với kính lúp. Từ công thức tính độ bội giác của kính hiển vi khi ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \dfrac{\delta D}{f_1 f_2}$.

Dễ thấy nếu $f_1$ và $f_2$ nhỏ, độ bội giác sẽ lớn.

**3.** Không được.

Kính thiên văn dùng để quan sát những vật ở rất xa (như những thiên thể chẳng hạn), tác dụng cơ bản của kính thiên văn là làm tăng góc trông ảnh của những vật ở rất xa đó và phải có độ bội giác lớn.

Khi ngắm chừng ở vô cực, độ bội giác của kính thiên văn tính từ công thức: $G_\infty = \frac{f_1}{f_2}$. Với kính hiển vi $f_1$ và $f_2$ đều nhỏ, điều đó không đảm bảo cho $G_\infty$ có giá trị lớn. Trên thực tế, khi chế tạo kính thiên văn, người ta dùng thấu kính hội tụ có tiêu cự lớn để làm vật kính và dùng thấu kính hội tụ có tiêu cự nhỏ để làm thị kính.

**4.** a) Sơ đồ tạo ảnh qua kính:

$$AB \xrightarrow{O_1} A_1B_1 \xrightarrow{O_2} A_2B_2\ (\text{ảo}) \in [C_C, C_V \equiv \infty]$$

Khi ngắm chừng ở vô cực: $d_2' = \infty \Rightarrow d_2 = f_2 = 2\text{cm}$.

$$d_1' = a - d_2 = 18 - 2 = 16 \Rightarrow d_1 = \frac{16.0{,}5}{16 - 0{,}5} = 0{,}516129 \text{ cm}.$$

Khi ngắm chừng ở cực cận:

$$d_2' = -(25 - 2) = -23 \text{ cm} \Rightarrow d_2 = \frac{-23.2}{-23 - 2} = 1{,}84 \text{ cm}.$$

$$d = a - d_2 = 18 - 1{,}84 = 16{,}16 \Rightarrow d_1 = \frac{16{,}16.0{,}5}{16{,}16 - 0{,}5} = 0{,}515964 \text{ cm}.$$

Vậy phạm vi ngắm chừng từ 0,516129 cm đến 0,515964 cm.

b) Khi ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \frac{\delta D}{f_1 f_2} = \frac{25.15{,}5}{0{,}5.2} = 387{,}5$.

Khi ngắm chừng ở cực cận: $G_C = |k| = \left|\frac{d_1'}{d_1}.\frac{d_2'}{d_2}\right| = \frac{16{,}16}{0{,}515964}.\frac{23}{1{,}84} = 391$.

**5.** Khoảng cách giữa vật kính và thị kính: $O_1O_2 = f_1 + f_2 = 1{,}65\text{m}$.

Độ bội giác: $G = \frac{f_1}{f_2} = \frac{160}{5} = 32$.

**6.** a) Khi ngắm chừng ở vô cực: $d_2' = \infty \Rightarrow d_2 = f_2 = \frac{1}{25} = 4\text{cm}$.

$$d_1' = 20{,}5 - 4 = 16{,}5 \Rightarrow d_1 = 0{,}515625\text{cm}.$$

Khi ngắm chừng ở cực cận: $d_2' = -21\text{cm} \Rightarrow d_2 = 3{,}36\text{cm}$.

$$d_1' = 20{,}5 - 3{,}36 = 17{,}14 \Rightarrow d_1 = \frac{17{,}14.0{,}5}{17{,}14 - 0{,}5} = 0{,}515024\text{cm}$$

Vậy phạm vi ngắm chừng: $\Delta d = d_1 - d_2 = 0{,}000601\text{cm} \approx 6\ \mu\text{m}$.

b) Khi ngắm chừng ở vô cực: $G_\alpha = \dfrac{\delta D}{f_1 f_2} = 200$.

Khi ngắm chừng ở cực cận: $G_\alpha = |k| = \left|\dfrac{d_1'}{d_1}.\dfrac{d_2'}{d_2}\right| = 208$.

**7.** Kí hiệu X120 trên vật kính là độ phóng đại.

Kí hiệu X5 trên thị kính là độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực.

Độ bội giác của ảnh trong trạng thái không điều tiết:

$$G_\infty = k_1 \times G_2 = 120 \times 5 = 600$$

$$G_\infty = \frac{tg\alpha}{tg\alpha_0}; tg\alpha_0 = \frac{AB}{OC_c} = \frac{7,5.10^{-6}}{25.10^{-2}} rad$$

$$\Rightarrow \quad tg\alpha = G_\infty.tg\alpha_0 = 600\frac{7,5.10^{-6}}{25.10^{-2}} = \frac{45}{25}10^{-2} = 1,8.10^{-2}$$

Góc trông ảnh: $\alpha = 0,018$ rad $\approx 1^0 02'$.

**8.** Sơ đồ tạo ảnh qua kính thiên văn:

$$AB \text{ ở } \infty \xrightarrow{O_1} A_1B_1 \xrightarrow{O_2} A_2B_2 \text{ (ảo) ở } C_V$$

Ta có : $d_1 = \infty \Rightarrow d_1' = f_1 = 90$ cm.

$$d_2' = -90cm \Rightarrow d_2 = \frac{-50.2,5}{-50-2,5} = \frac{125}{52,5} = \frac{50}{21} cm$$

Ta có: $tg\alpha = \dfrac{A_2B_2}{|d_2'|} = \dfrac{A_1B_1}{d_2}$ ; $tg\alpha_0 = \dfrac{AB}{d_1} = \dfrac{A_1B_1}{d_1'}$

Độ bội giác: $G = \dfrac{tg\alpha}{tg\alpha_0} = \dfrac{d_1'}{d_2} = \dfrac{90 \times 21}{50} = 37,8$

**9.** Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{O_1} A_1B_1 \xrightarrow{O_2} A_2B_2$

Vì Mặt Trăng ở rất xa nên: $d_1 = \infty$ ; $d_1' = f_1 = 60cm$.

$$\Rightarrow \quad d_2' = -50cm \; ; \; d_2 = \frac{d_2' f_2}{d_2' - f_2} = \frac{150}{53} cm.$$

$$\alpha_0 = 30' = 0,5^0 \Rightarrow \alpha_0 = \frac{0,5 \times 3,14}{180} = 0,0087 rad$$

$$tg\alpha_0 = \alpha_0 = 0,0087 rad; \; tg\alpha_0 = \frac{AB}{d_1} = \frac{A_1B_1}{d_1'} = \frac{A_1B_1}{f_1}$$

$$\text{tg}\alpha = \frac{A_2B_2}{|d_2'|} = \frac{A_1B_1}{d_2} \quad \text{và } G = \frac{\text{tg}\alpha}{\text{tg}\alpha_0} = \frac{f_1}{d_2} = \frac{60 \times 53}{150} = 21{,}2$$

$$\Rightarrow \quad \text{tg}\alpha = G.\text{tg}\alpha_0 = 21{,}2.0{,}0087 = 0{,}18444$$

$$A_2B_2 = |d_2'|\text{tg}\alpha = 50.0{,}18444 = 9{,}22\text{cm}.$$

**10.** Tiêu cự của vật kính: $f_1 = \frac{1}{D_1} = \frac{1}{4} = 0{,}25\text{m} = 25\text{cm}$.

Tiêu cự của thị kính: $f_2 = \frac{1}{D_2} = \frac{1}{25} = 0{,}04\text{m} = 4\text{cm}$.

Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{O_1} A_1B_1 \xrightarrow{O_2} A_2B_2$ (ảo) $\in [C_C, C_\infty]$

Khi ngắm chừng ở vô cực : $d_2' = \infty \Rightarrow d_2 = f_2 = 4\text{cm}$.

$d_1' = O_1O_2 - d_2 = 29 - 4 = 25 = f_1 \Rightarrow d_1 = \infty$: vật ở vô cực.

Khi ngắm chừng ở điểm cực cận: $d_2' = -25\text{cm}$.

$$d_2 = \frac{d_2'f_2}{d_2' - f_2} = \frac{100}{29}\text{cm}; \; d_1' = O_1O_2 - d_2 = 29 - \frac{100}{29} = \frac{741}{29}\text{cm}.$$

$$\Rightarrow d_1 = \frac{d_1'f_1}{d_1' - f_1} = 1158 \approx 11{,}6\text{m}.$$ Vậy: $11{,}6\text{ m} \le d \le \infty$.

Độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \frac{f_2}{f_1} = \frac{25}{4} = 6{,}25$

Khi ngắm chừng ở điểm cực cận: $\text{tg}\alpha_0 = \frac{AB}{d_1} = \frac{A_1B_1}{d_1'} = \frac{A_1B_1}{f_1}$;

$$\text{tg}\alpha = \frac{A_2B_2}{|d_2'|} = \frac{A_1B_1}{d_2}; \; G_c = \frac{\text{tg}\alpha}{\text{tg}\alpha_0} = \frac{d_1'}{d_2} = \frac{741 \times 29}{29 \times 100} = 7{,}41$$

Vậy: $6{,}25 \le G \le 7{,}41$.

# MỤC LỤC

## Chương 1. CƠ SỞ CỦA TĨNH ĐIỆN

*§1.* ĐIỆN TÍCH. ĐỊNH LUẬT CU-LÔNG ........ 5
*§2.* THUYẾT ELECTRÔN CỔ ĐIỂN.
ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐIỆN TÍCH ........ 11
*§3.* ĐIỆN TRƯỜNG ........ 15
*§4&5.* ĐƯỜNG SỨC ĐIỆN. CÔNG CỦA LỰC
ĐIỆN TRƯỜNG. HIỆU ĐIỆN THẾ ........ 21
*§6&7.* VẬT DẪN VÀ ĐIỆN MÔI
TRONG ĐIỆN TRƯỜNG. TỤ ĐIỆN ........ 27
*§8.* GHÉP TỤ ĐIỆN. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG ........ 33

## Chương 2. NHỮNG ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

*§9&10.* DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI.
NGUỒN ĐIỆN. MỘT SỐ LOẠI NGUỒN ĐIỆN ........ 39
*§11.* ĐỊNH LUẬT ÔM.
SỰ PHỤ THUỘC CỦA ĐIỆN TRỞ VÀO NHIỆT ĐỘ ........ 44
*§12&13.* ĐIỆN NĂNG. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT ĐIỆN.
ĐỊNH LUẬT JUN-LENXƠ. BÀI TẬP ........ 50
*§14&15.* ĐỊNH LUẬT ÔM ĐỐI VỚI CÁC LOẠI MẠCH ĐIỆN ........ 56
*§16.* CÁC CÁCH GHÉP NGUỒN ĐIỆN ........ 68

## Chương 3. DÒNG ĐIỆN TRONG CÁC MÔI TRƯỜNG

*§17.* DÒNG ĐIỆN TRONG KIM LOẠI ........ 76
*§18&19.* DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT ĐIỆN PHÂN.
ĐỊNH LUẬT PHA-RA-ĐÂY ........ 78
*§20&21.* SỰ PHÓNG ĐIỆN TRONG CHẤT KHÍ Ở
ÁP SUẤT BÌNH THƯỜNG ........ 86
*§22&23.* SỰ PHÓNG ĐIỆN TRONG CHẤT KHÍ Ở ÁP SUẤT THẤP.
DÒNG ĐIỆN TRONG CHÂN KHÔNG ........ 89
*§24&25.* DÒNG ĐIỆN TRONG BÁN DẪN.
DỤNG CỤ BÁN DẪN ........ 92

## Chương 4. TỪ TRƯỜNG

§26&27. TỪ TRƯỜNG. PHƯƠNG VÀ CHIỀU CỦA LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN DÒNG ĐIỆN ........ 97
§28. CẢM ỨNG TỪ. ĐỊNH LUẬT AM-PE ........ 100
§29. TỪ TRƯỜNG CỦA MỘT SỐ DÒNG ĐIỆN CÓ DẠNG ĐƠN GIẢN ........ 103
§30&31. TRƯỜNG CỦA TRÁI ĐẤT. BÀI TẬP ........ 107
§32. TƯƠNG TÁC GIỮA HAI DÒNG ĐIỆN THẲNG SONG SONG. ĐỊNH NGHĨA AM-PE ........ 110
§33. KHUNG DÂY CÓ DÒNG ĐIỆN ĐẶT TRONG TỪ TRƯỜNG ........ 113
§34&35. LỰC LO-REN. SỰ TỪ HÓA CÁC CHẤT ........ 115

## Chương 5. CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

§36&37. HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ. ĐỊNH LUẬT PHARAĐÂY VỀ CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ ........ 118
§38 SUẤT ĐIỆN ĐỘNG CẢM ỨNG TRONG MỘT ĐOẠN DÂY DẪN CHUYỂN ĐỘNG ........ 124
§39&40. DÒNG ĐIỆN PHU-CÔ. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM. NĂNG LƯỢNG CỦA TỪ TRƯỜNG ........ 128

## Chương 6. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA QUANG HÌNH HỌC

§41 ĐỊNH LUẬT TRUYỀN THẲNG ÁNH SÁNG ĐỊNH LUẬT PHẢN XẠ ÁNH SÁNG ........ 130
§42 GƯƠNG CẦU ........ 135
§43&44. HIỆN TƯỢNG KHÚC XẠ ÁNH SÁNG. HIỆN TƯỢNG PHẢN XẠ TOÀN PHẦN ........ 143

## Chương 7. CÁC DỤNG CỤ QUANG HỌC

§45 LĂNG KÍNH ........ 149
§46&47. THẤU KÍNH MỎNG ........ 153
§48&49. MẮT. CÁC TẬT CỦA MẮT VÀ CÁCH KHẮC PHỤC ........ 164
§50. KÍNH LÚP ........ 172
§51&52. KÍNH HIỂN VI VÀ KÍNH THIÊN VĂN ........ 176

**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI**
16 Hàng Chuối – Hai Bà Trưng – Hà Nội
Điện thoại: (04)39714899; (04)39714897. Fax: (04)39714897

* * *

***Chịu trách nhiệm xuất bản:***

*Giám đốc:* PHÙNG QUỐC BẢO

*Tổng biên tập:* PHẠM THI TRÂM

*Biên tập:* HOÀNG TIẾN – VŨ NAM

*Sửa bài:* THÁI VĂN

*Trình bày bìa:* NGỌC ANH

**Đối tác liên kết xuất bản:**
**NHÀ SÁCH HỒNG ÂN**

SÁCH LIÊN KẾT

---

**KIẾN THỨC CƠ BẢN VẬT LÍ 11**
Mã số: 1L - 304ĐH2010
In 1.000 cuốn, khổ 16 × 24cm tại Công ti TNHH In Bao Bì Phong Tân - TP. Hồ Chí Minh.
Số xuất bản: 462 - 2010/CXB/3 - 81/ĐHQGHN, ngày 13/05/2010.
Quyết định xuất bản số: 304LK - TN/QĐ - NXBĐHQGHN.
In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2010.